



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Farmacia y Bioquímica

Escuela Profesional de Toxicología

"Determinación de niveles de plomo en pobladores adultos del Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe", distrito Mi Perú, de la Provincia Constitucional del Callao"

TESIS

Para optar el Título Profesional de Toxicólogo

AUTOR

Alejandro CHÁVEZ QUISPE

ASESOR

Mesías Moisés GARCÍA ORTIZ

Lima, Perú

2018



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Chávez A. "Determinación de niveles de plomo en pobladores adultos del Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe", distrito Mi Perú, de la Provincia Constitucional del Callao" [Tesis de pregrado]. Lima: Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Toxicología; 2018.



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Decanato



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

**Determinación de niveles de plomo en pobladores adultos del Asentamiento Humano
"Virgen de Guadalupe", distrito Mi Perú, de la Provincia Constitucional del Callao**

Que presenta al Bachiller en Toxicología:

ALEJANDRO CHÁVEZ QUISPE

Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado, y practicada la votación han obtenido la siguiente calificación:

Dieciocho (18). SOBRESALIENTE

en conformidad con el Art. 34.º del Reglamento para la obtención del Grado Académico de Bachiller en Toxicología y Título Profesional de Toxicólogo (a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Lima, 28 de agosto de 2018

[Firma]
Q.F. TOX. Jesús Víctor Lizano Gutiérrez
Presidente

[Firma]
Mg. Francisco Javier María Ramírez Cruz
Miembro

[Firma]
Mg. José Antonio Llahuilla Quea
Miembro

[Firma]
Q.F. Luz Kathia Hernández Calderón
Miembro

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"

*Dedico el presente trabajo a mis padres por
darme su apoyo incondicional y guiarme
en la vida. A mis hermanos por siempre
alentarme en cada paso.*

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por ser mi alma mater y ayudarme en mi formación profesional.

Al Dr. Mesías Moisés García Ortiz, por orientarme y darme consejos necesarios para el adecuado desarrollo del presente trabajo de tesis.

A la Escuela Profesional de Toxicología, a todos mis maestros, que con sus enseñanzas brindadas contribuyeron a mi formación académica.

A la Dra. Viviana Gómez Gonzales, por el apoyo en la toma de muestra en la población del Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe", distrito Mi Perú, de la Provincia Constitucional del Callao.

RESUMEN

En el presente trabajo de tesis se determinó los niveles de plomo en 40 muestras de sangre, 30 de pobladores adultos residentes en el Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe", distrito Mi Perú, de la Provincia Constitucional del Callao y 10 de personas adultas no residentes en el asentamiento humano. La concentración sanguínea de plomo se determinó mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito en el Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX. Se obtuvo una concentración promedio de plomo de 2.288 µg/dL en los residentes del asentamiento humano, la concentración promedio de plomo en las mujeres fue 2.066 µg/dL y en los varones fue 2.732 µg/dL; según su lugar de residencia, los pobladores de la primera etapa presentaron una concentración promedio de plomo de 2.466 µg/dL y los residentes en la segunda etapa presentaron una concentración promedio de plomo de 2.021 µg/dL; mientras los adultos no residentes en el asentamiento humano tuvieron una concentración promedio de plomo de <0.100 µg/dL. La concentración sanguínea promedio de plomo de los pobladores del asentamiento humano no superó el límite permisible establecido por la Organización Mundial de la Salud-OMS (≤ 20 µg/dL). Finalmente, se recomienda que las autoridades nacionales competentes en materia ambiental y salud, cumplan con supervisar, fiscalizar y monitorizar el desarrollo de actividades industriales para evitar daños al medio ambiente y salud de la población.

Palabras clave: Plomo, Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito, medio ambiente, salud.

SUMMARY

In this thesis work was determined the levels of lead in 40 blood samples, 30 adults residents living in the human settlement "Virgen de Guadalupe", Mi Peru district, The Constitutional Province of Callao and 10 adult non-residents in the human settlement. The blood concentration of lead was determined by means of an Atomic Absorption Spectrometer with Graphite Furnace in the Information Center, Toxicological Control and Support for Environmental management-CICOTOX. An average lead concentration of 2.288 $\mu\text{g/dL}$ was obtained in the residents of the human settlement, the average concentration of lead in women was 2.066 $\mu\text{g/dL}$ and in men it was 2.732 $\mu\text{g/dL}$, according to their place of residence, the inhabitants of the first stage had average concentration of 2.466 $\mu\text{g/dL}$ lead and residents in the second stage had an average lead concentration of 2.021 $\mu\text{g/dL}$; while adults not residing in the human settlement had an average lead concentration of $< 0.100 \mu\text{g/dL}$. The average blood concentration of the inhabitants of the human settlement did not exceed the permissible limit established by World Health Organization-WHO ($\leq 20 \mu\text{g/dL}$). Finally, it is recommended that the competent national authorities in environmental and health comply with supervising, inspecting and monitoring the development of industrial activities to avoid damage to the environment and health of the population.

Keys: Lead, Atomic Absorption Spectrometer with Graphite Furnace, environment, health.

INDICE

Pág.

RESUMEN

SUMMARY

I.INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo General	3
1.2. Objetivos Específicos	3
1.3. Hipótesis	4
1.4. Variables	4
II.GENERALIDADES	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Descripción del área de estudio	10
2.2.1. Ubicación geográfica	10
2.2.2. Población	11
2.2.3. Clima.....	12
2.2.4. Relieve	12
2.2.5. Suelo.....	13
2.2.6. Fuentes de contaminación ambiental	13
2.3. Plomo	16
2.3.1. Características generales	16

2.3.2. Compuestos de plomo	16
2.3.3. Fuentes de exposición	17
2.3.4. Toxicocinética	19
2.3.5. Toxicodinamia.....	22
2.3.6. Efectos en la salud del plomo	23
2.3.7. Tratamiento.....	32
2.3.8. Valores límites permisibles de plomo.....	35
III.PARTE EXPERIMENTAL.....	37
3.1. Selección de muestras	37
3.2. Toma de muestras	37
3.3. Transporte y conservación de muestras	38
3.4. Método empleado	39
3.4.1. Fundamento.....	39
3.4.2. Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito	39
3.5. Reactivos, materiales y equipos.....	41
3.6. Preparación de reactivos	43
3.7. Preparación de estándares	43
3.8. Procedimiento	45
3.9. Condiciones instrumentales	46
IV.RESULTADOS.....	48

V.DISCUSIÓN	58
VI.CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES	63
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
ANEXO.....	72

I.INTRODUCCIÓN

En nuestro país, el acelerado crecimiento demográfico llevó a que muchas familias se asienten en zonas aledañas a fábricas, viéndose expuestas a emanaciones de humos contaminantes. A esto se suma la falta de conocimiento que presentan algunos pobladores sobre los riesgos para la salud de una exposición prolongada a dichos contaminantes^{1, 2}. Dentro de los contaminantes ambientales, los metales pesados tienen una gran relevancia como un problema de salud pública, siendo el plomo el de mayor importancia, debido a su uso generalizado y persistencia en el ambiente^{3, 4}.

El plomo se encuentra en forma inorgánica y orgánica. La forma inorgánica está presente en pinturas, tierra, polvo y en otros productos de manufactura. La forma orgánica se encuentra en la gasolina formando parte de los gases de la combustión^{5,6}. Su origen puede ser natural y antropogénico, siendo esta última la mayor fuente de contaminación ambiental, la cual puede originarse a raíz de actividades como la minería, fabricación de pinturas, plomo metálico en la fundición, reciclaje de baterías, esmaltado de cerámica, fabricación de municiones, soldadura de latas, pigmentos para pinturas, revestimiento de cables, entre otros^{6,7,8}. Siendo las principales formas de exposición la ocupacional y ambiental, esta última en la actualidad cobra una mayor importancia debido al crecimiento industrial que existe a nivel mundial⁹.

La intoxicación por plomo representa un grave riesgo a la salud, pues dicho elemento metálico no desempeña ninguna función biológica, además se caracteriza por acumularse en el organismo, lo que ocasiona la aparición de enfermedades crónicas, viéndose afectados múltiples sistemas orgánicos como el neurológico, hematológico, gastrointestinal, cardiovascular y renal¹⁰⁻¹². La gravedad de los efectos está en relación a los niveles de plomo en sangre, teniendo en cuenta que no existe ningún nivel sanguíneo de plomo seguro^{8, 13}.

Debido a esta situación se planteó la realización del presente trabajo de tesis en pobladores del Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe", distrito Mi Perú, de la Provincia Constitucional del Callao, los cuales se ven expuestos a plomo producto de la actividad industrial de fundidoras cercanas, determinando los niveles de plomo sanguíneo mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito.

1.1. Objetivo General

- Determinar la concentración de plomo en muestras de sangre venosa de pobladores adultos del Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe", distrito Mi Perú, de la Provincia Constitucional del Callao.

1.2. Objetivos Específicos

- Comparar los niveles de plomo sanguíneo con el valor establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Determinar los niveles de plomo sanguíneo según sexo.
- Determinar los niveles de plomo sanguíneo según lugar de residencia.
- Comparar niveles de plomo sanguíneo entre adultos residentes y no residentes del Asentamiento Humano.

1.3. Hipótesis

- Los pobladores del Asentamiento Humano “Virgen de Guadalupe”, distrito Mi Perú, de la Provincia Constitucional del Callao presentan niveles elevados de plomo sanguíneo debido a la contaminación ambiental producida por las empresas fundidoras de plomo.

1.4. Variables

1.4.1. Variable Independiente:

- Pobladores adultos del Asentamiento Humano “Virgen de Guadalupe”.

1.4.2. Variable Dependiente:

- Concentración de plomo.

Tabla 1. Tabla de operacionalización de variables.

Variable	Dimensión	Indicador	Unidad	Fuente	Codificación
Concentración de Plomo	-Niveles fuera de especificación	> 20 µg/dL	µg/dL	Método Espectrofotométrico de Absorción Atómica con Horno de Grafito	(0) > 20 µg/dL
	-Niveles dentro de especificación	≤ 20 µg/dL	µg/dL		(1) ≤ 20 µg/dL

II.GENERALIDADES

2.1. Antecedentes

- Geney y et al. (2016) realizaron un estudio cuyo objetivo fue describir los hallazgos sociodemográficos y clínicos de los casos encontrados en menores de 17 años con concentraciones de plomo por exposición ambiental en Bogotá. Se analizaron 16 muestras de sangre mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito. Se concluyó que el 93,7 % de los menores presentaron alguna concentración de plomo en la sangre y el 37,5 % presentaron niveles superiores a los valores de referencia 5 µg/dL, según el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC)¹⁴.
- Cortés (2016) realizó un trabajo de tesis cuyo objetivo fue la determinación de los niveles sanguíneos de plomo en muestras de niños hospitalizados en el Hospital la Misericordia de la ciudad de Bogotá. Se analizaron 300 muestras de sangre de niños de 3 meses a 17 años mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito. Se concluyó que los niveles de plomo en sangre en ningún caso superaban el valor de 5 µg/dL, límite permisible según el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC)¹⁵.

- Moreno (2016) realizó un trabajo de tesis cuyo objetivo fue la determinación de la cantidad de plomo en trabajadores de una fábrica de pintura en la ciudad de Quito mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito. Se analizaron 52 muestras de sangre de personas de 19 a 62 años, 8 mujeres y 44 varones, clasificándolos según su área de trabajo, jornada laboral, uso de equipo de protección personal, sus hábitos de consumo de tabaco, posesión de auto, presencia de anemia. Se concluyó que el nivel promedio de plomo fue de 0.132 $\mu\text{g/dL}$ no superando el límite establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 10 $\mu\text{g/dL}$, no hallándose una relación entre los factores estudiados y los niveles sanguíneos de plomo¹⁶.
- Vásquez (2015) realizó un trabajo de tesis teniendo como objetivo la evaluación de la intoxicación plúmbica crónica y su relación con problemas de anemia en los trabajadores de SiderPerú. Se analizaron 50 muestras de sangre de trabajadores varones entre 25 a 45 años mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito para la determinación de plomo, para la medición de hemoglobina se llevó a cabo un método colorimétrico de hemoglobina como cianuro de hemoglobina. Se concluyó que el 6 % de los trabajadores del área de barras mineras presentaron niveles de plomo superiores a los límites permisibles según Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) de 40 $\mu\text{g/dL}$ ¹⁷.

- Astete y et al. (2014) realizaron un estudio que buscó determinar las concentraciones de material particulado (PM10) y de metales pesados en el ambiente, así como los niveles de plomo, cadmio, arsénico y mercurio en la población, como consecuencia de la actividad de exploración en Las Bambas realizada durante los últimos cinco años, Perú 2010. Se analizaron muestras ambientales (calidad de aire, suelo, agua) y biológicas (orina, sangre), mediante métodos gravimétricos para material particulado (PM10) y Espectrofotometría de Absorción Atómica para muestras ambientales y biológicas. Se concluyó que las características ambientales no resultaron afectadas en relación a la exposición de metales pesados de las zonas de influencia del proyecto minero Las Bambas¹⁸.
- Antay y et al. (2014) realizaron un trabajo de tesis cuyo objetivo fue determinar la concentración de plomo sanguíneo y protoporfirina zinc eritrocitaria en los trabajadores de servicios de fotocopiado del campus universitario de la UNMSM. Se analizaron 25 muestras de sangre de personas entre 20 a 60 años, 5 de varones y 20 de mujeres mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito para la cuantificación de plomo, mientras que la protoporfirina se determinó mediante espectrofluorometría. Se concluyó que los niveles promedio de plomo sanguíneo fue 0.056 µg/dL y protoporfirina fue 31.2 µg/dL, estuvieron por debajo de los límites permisibles para plomo 40 µg/dL y protoporfirina zinc eritrocitaria 80 µg/dL¹⁹.

- Castro y et al. (2010) realizaron un trabajo de tesis teniendo como objetivo determinar la concentración de plomo en muestras de sangre de escolares entre 12 a 17 años de la urbanización "La Primavera" del distrito El Agustino. Se analizaron 40 muestras de sangre de adolescentes en edad escolar del Centro Educativo "Toribio Rodríguez de Mendoza", 29 de mujeres y 11 de varones mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito. Se concluyó que los niveles promedio de plomo sanguíneo en los escolares evaluados fue 2.88 $\mu\text{g/dL}$, por debajo de los límites máximos permisibles dado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 40 $\mu\text{g/dL}$ ²⁰.

- Astete y et al. (2009) realizaron un estudio cuyo objetivo fue determinar los niveles de plomo en sangre y otros problemas de salud relacionados con la intoxicación por plomo en niños menores de 10 años residentes en las comunidades de Quiulacocha y Champamarca del distrito Simón Bolívar de la ciudad de Cerro de Pasco. Se analizaron 236 muestras de sangre, 112 niños de Champamarca y 124 niños de Quiulacocha, cuyas edades promedio fue de 4.5 años, por quelación-extracción mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica por Flama. Se concluyó que los niños de poblaciones cercanas a relaves mineros presentaron valores superiores a los límites establecidos de plomo en niños menores de 10 años, además presentaron cuadros de anemia, desnutrición crónica, parasitosis y retardo en el desarrollo psicomotor²¹.

- Cornejo y et al. (2007) realizaron un trabajo de tesis cuyo objetivo fue determinar los niveles de plomo en sangre de varones y mujeres adultos del Asentamiento Humano "Cultura y Progreso" del distrito de Chaclacayo. Se analizaron 40 muestras de sangre de adultos, 27 de varones y 13 de mujeres mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito. Se concluyó que los niveles promedio de plomo sanguíneo en los pobladores evaluados fue de 7.93 $\mu\text{g/dL}$, por debajo de los límites máximos permisibles dado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 40 $\mu\text{g/dL}$ ²².

- Cedano y et al. (2007) realizaron un trabajo de tesis teniendo como objetivo determinar los niveles de cadmio, plomo en sangre y manganeso en orina en personas expuestas en las Avenidas Abancay y Alfonso Ugarte de la Ciudad de Lima. Se analizaron 72 muestras de sangre, 36 de varones y 36 de mujeres, el plomo se analizó mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica por Llama, el cadmio y manganeso se analizó mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito. Se concluyó que los valores promedio en la Av. Alfonso Ugarte de plomo fue 24.34 $\mu\text{g/dL}$, cadmio 8.29 $\mu\text{g/L}$, manganeso 143.82 $\mu\text{g/L}$ y en la Av. Abancay el nivel de plomo fue 26.08 $\mu\text{g/dL}$, cadmio 8.25 $\mu\text{g/L}$, manganeso 157.32 $\mu\text{g/L}$, en el caso del plomo y cadmio no superaron los límites permisibles según la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el plomo 40 $\mu\text{g/dL}$, cadmio 10 $\mu\text{g/L}$, mientras el manganeso superó los límites permisibles según la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 40 $\mu\text{g/L}$ ²³.

2.2. Descripción del área de estudio

2.2.1. Ubicación geográfica

El Distrito de Mi Perú, está situado al norte de la Provincia Constitucional del Callao, en las coordenadas geográficas 11°51'15" de latitud sur y 77°07'21" de longitud oeste.

Se encuentra ubicado en el contexto interdistrital conformado por los distritos de Lima Norte y la Provincia Constitucional del Callao. Está situado a 38km al noroeste de Lima, a la altura del km 28.5 de la Panamericana Norte y a 20km al norte del Callao.

Su posición geográfica en el territorio le permite compartir un escenario físico ambiental con el distrito de Puente Piedra; al Norte y al Este; y el distrito de Ventanilla, al Sur y al Oeste; quienes constituyen sus territorios fronterizos colindantes²⁶. (Ver Figura 1.)

Tabla 2. Datos Generales del distrito Mi Perú²⁶.

Distrito	Mi Perú
Provincia	Callao
Departamento	Callao
Dispositivo de creación	D.L.
Nro. del dispositivo de creación	30197
Fecha de creación	17 de mayo de 2014
Capital	Mi Perú
Altura capital (m.s.n.m.)	95 msnm
Superficie (km ²)	2.47
Densidad poblacional (Hab/km ²)	23886.6

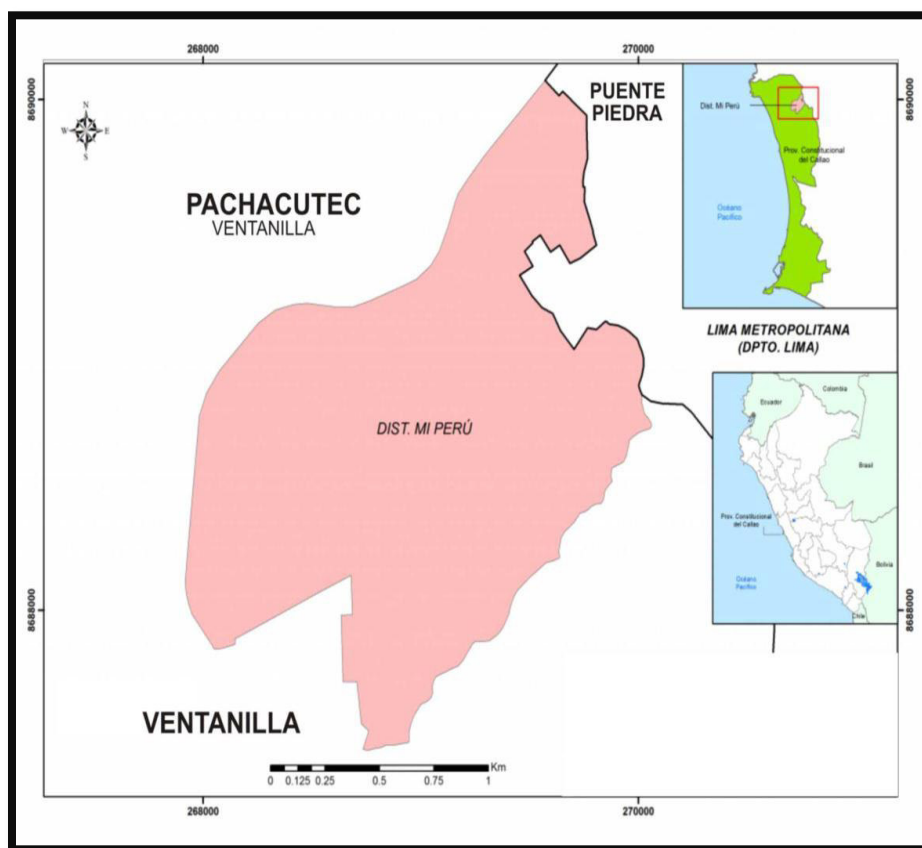


Figura 1. Ubicación geográfica del distrito de Mi Perú²⁶.

2.2.2. Población

El distrito de Mi Perú en la actualidad cuenta con más de 60 mil pobladores. Se encuentra conformado por el Cercado de Mi Perú y 43 asentamientos humanos distribuidos en la periferia, de los cuales 39 asentamientos humanos son consolidados y se encuentran agrupados en las zonas: norte, sureste, oeste y sur; mientras que los 4 asentamientos humanos restantes se encuentran en proceso de formalización (Ampliación 15 de Julio, Los Portales, El Mirador y 06 de octubre), todos localizados en la zona este de Mi Perú. (Ver tabla 3 y 4.)

Tabla 3. Crecimiento de la población en el periodo 2004 y 2014²⁵.

1993	2004	2014	Crecimiento en 10 años	
15,577	40,194	56,371	16,177	40 %

Tabla 4. Indicadores de población por sexo²⁵.

Variable / Indicador	Mi Perú	
	Cantidad	%
Varones	27,735	49.2
Mujeres	28,636	50.8
Total de población	56371	100

2.2.3. Clima

Su clima es sub tropical (caluroso, húmedo y escasas precipitaciones), con una media anual entre 19 a 20 °C, humedad relativa de 100 %, garuas en el invierno y temperatura mínima de 6°C en invierno y máxima de 30°C en verano. Las zonas de mayor humedad relativa son la zona norte y sureste de Mi Perú. La flora y fauna es escasa, ya que el distrito de Mi Perú es 100 % urbano. Tampoco cuenta con recursos hídricos en su territorio^{24,25}.

2.2.4. Relieve

El distrito de Mi Perú está a una altitud entre 0 a 95 metros sobre el nivel del mar. Se denomina llanura coluvio aluvial, con pendientes que varían desde 5 % (en el

Cercado y alrededores) y hasta 50 % en la parte alta de la zona norte y en el extremo este y sur este. Este escenario natural unido al crecimiento desordenado de los 39 asentamientos humanos demanda la necesidad de gestión de riesgos y un diseño de equipamiento urbano acorde a la realidad de estas poblaciones.

2.2.5. Suelo

El tipo de suelo en el distrito de Mi Perú varía según la zona. En el cercado, la zona oeste y zona sur, el suelo es con arena limo y seco. En cambio en la zona norte, este y sureste, el suelo es roca de basamento, presentando material suelto como arena y grava. Estas características de suelo determinan que Mi Perú sea una zona de grado de riesgo bajo debido a las condiciones tectónicas y geomorfológicas.

Por otra parte, en el sur, sureste y este el suelo presenta canteras de mineral no metálico, las cuales de no tener una gestión pueden llegar a ser fuentes de contaminación ambiental.

2.2.6. Fuentes de contaminación ambiental

La capacidad de gestión ambiental de la municipalidad de Mi Perú es limitada, ya que no cuenta con las competencias ni recursos necesarios. La Sub gerencia de saneamiento ambiental lleva a cabo principalmente acciones promocionales y de limpieza pública.

2.2.6.1. Residuos sólidos

Se estima que en promedio se produce a diario 31 toneladas de residuos sólidos, de acuerdo a cálculos (kg/hab/día) realizados por la municipalidad distrital de Ventanilla y el Gobierno Regional del Callao.

De acuerdo a la Sub gerencia de saneamiento ambiental de la municipalidad de Mi Perú, en el Cercado de Mi Perú, se genera menor cantidad de residuos sólidos en comparación a los 39 asentamientos humanos, debido a que sus residuos son mejor clasificados y reciclables, en cambio en los asentamientos humanos los residuos no están debidamente clasificados ni separados de la tierra y de material no reciclable.

Además el servicio de limpieza pública sólo se realiza en las zonas asfaltadas y de fácil acceso, generándose así la aparición de botaderos y focos infecciosos en puntos críticos como zonas cercanas a mercados, partes altas de los cerros y zonas previstas para parques y jardines, donde los residuos son eliminados al aire libre poniendo en peligro la salud de la población.

2.2.6.2. Actividad industrial

Los pobladores afectados por este tipo de contaminación son en mayoría los de la zona sur de Mi Perú, quienes tienen que afrontar la presencia de canteras en extracción y fábricas, en la que destaca la fábrica de baterías ETNA. Las fábricas de baterías resaltan de forma especial, debido a que son potenciales fuentes de contaminación por plomo para la población aledaña.

En Ventanilla, límite con Mi Perú vienen operando fábricas que cumplen las normas ambientales y otras que no, por ejemplo:

- Fábricas formales: ETNA, Sulcosa, Sapolio y Cogorno.
- Fábricas clandestinas: 9 fábricas que contaminan con plomo (no cumplen con las normas ambientales).

De igual manera se ha identificado que en la zona sur, vienen operando empresas clandestinas que extraen insumos para la construcción (piedras y agregados), que producen partículas en suspensión que afectan a los pobladores, en especial a los niños²⁵.

En el año 2016, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) emitió 2 medidas preventivas para las empresas Consorcio Matrix Technology S.A.C. y Rabanal Service S.A.C., dedicadas a la fundición de plomo. Estas medidas ordenaban a ambas empresas a detener procesos productivos que impliquen la generación de emisiones atmosféricas, con el fin de evitar un perjuicio al ambiente y a la salud de las personas del distrito de Mi Perú²⁷.

Sumado a esto, el año 2017 mediante Resolución Ministerial N° 307-2017-MINAM se declaró en emergencia ambiental el área que comprende la Zona Industrial y el I.E.P Arturo Padilla Espinoza del distrito de Ventanilla, así como la zona urbana del distrito de Mi Perú, que incluye los Asentamientos Humanos Virgen de Guadalupe, Las Casuarinas de Guadalupe y Sagrado Corazón de Jesús y los sectores K y E, ubicados en la Provincia Constitucional del Callao²⁸.

2.3. Plomo

2.3.1. Características generales

La palabra plomo deriva del latín *plumbun*, se representa con el símbolo Pb, es un metal pesado, gris, blando y maleable³. No tiene olor ni sabor especial, adquiere un aspecto brillante cuando se corta, al exponerse al aire se oxida rápidamente tornándose de un color mate característico²⁹.

Su número atómico es 82 y su peso atómico es 207.19. Tiene una densidad relativa o gravedad específica de 11.4 a 16°C (61°F). Es flexible, inelástico, se funde con facilidad a 327.4°C (621.3°F) y hierve a 1725°C (3164°F). Las valencias químicas normales son 2 y 4³⁰. Es resistente al ácido sulfúrico y clorhídrico, pero se disuelve con facilidad en ácido nítrico concentrado caliente y ácidos orgánicos (cítrico, acético), originando sales solubles. Es un anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico^{29,30}.

Se encuentra en la naturaleza como mezcla de 3 isótopos (206, 207 y 208). Se halla generalmente unido a otros elementos, siendo la forma más abundante el sulfuro (PbS), formando las menas de galena³¹.

2.3.2. Compuestos de plomo

El plomo se encuentra en forma inorgánica y orgánica. Los principales compuestos inorgánicos incluyen sales y óxidos como: Litargirio o monóxido de plomo (PbO), dióxido de plomo (PbO₂), minio u óxido de plomo rojo (Pb₂O₄),

carbonato de plomo, cromato de plomo, arseniato de plomo, sulfato de plomo, sulfuro de plomo y antimoniato de plomo.

Y entre los compuestos orgánicos se encuentran: Acetato de plomo, tetraetilo de plomo, tetrametilo de plomo, estearato de plomo y naftenato de plomo²⁹.

2.3.3. Fuentes de exposición

Las fuentes de exposición al plomo son diversas y pueden ser clasificadas de diferentes maneras. (Ver Figura 2.)

Exposición ocupacional

El plomo es considerado un contaminante ocupacional ampliamente distribuido por todo el mundo. Se halla presente en lugares en donde se desarrollan procesos de producción o manejo de plomo como la metalurgia, fundición, refinado, minería extractiva, actividades de soldadura, construcción civil, industria cerámica, fabricación de pinturas, manufactura de caucho y vidrio, reparación de buques, procesos de cortado de metal, manufactura de plástico, fabricación y reciclado de baterías.

Exposición ambiental

En la atmósfera, el plomo proviene de fuentes de emisión, tales como: parque automotriz, producción de energía, combustión de energía, combustión de residuos, producción de revestimientos de cables, pinturas, barnices, vidrio y cristales, fundiciones de hierro y acero, producción de fertilizantes.

La presencia de plomo a nivel del suelo se produce a través del empleo de plaguicidas hechos a base de plomo, del polvo acumulado del escape de humo de los vehículos motorizados, de partículas de pintura con pigmento de plomo que se desprenden de las paredes de edificios³². Los suelos empleados para el pastoreo y siembra de cultivos deben tener especial cuidado con las concentraciones de plomo presentes, ya que éste podría ingresar en el organismo de animales de consumo humano.

El suministro de agua, como los ríos y lagos, se puede contaminar con plomo a través de los desechos industriales, polvo que cae del aire y el polvo de las calles lavado por las lluvias. El agua acida de bajo contenido mineral puede arrastrar grandes cantidades de plomo de las tuberías y de las juntas de soldaduras, esto es particularmente factible cuando el agua a altas temperaturas ha permanecido mucho tiempo en las tuberías⁹.

Exposición doméstica

Las casas antiguas empleaban para su decorado pinturas a bases de plomo, las cuales presentaban altas concentraciones de este metal, y por el desgaste y paso de los años la pintura de las paredes terminaba cayendo generando así polvo con contenido de plomo en la casa, y los niños que se llevan objetos o los dedos a la boca pueden verse expuestos fácilmente a este metal. En juguetes y materiales de escritorio, también están presentes compuestos de plomo, siendo los niños, los principales afectados ya que pueden llevarse estos objetos a la boca, viéndose así expuestos a este metal toxico³².

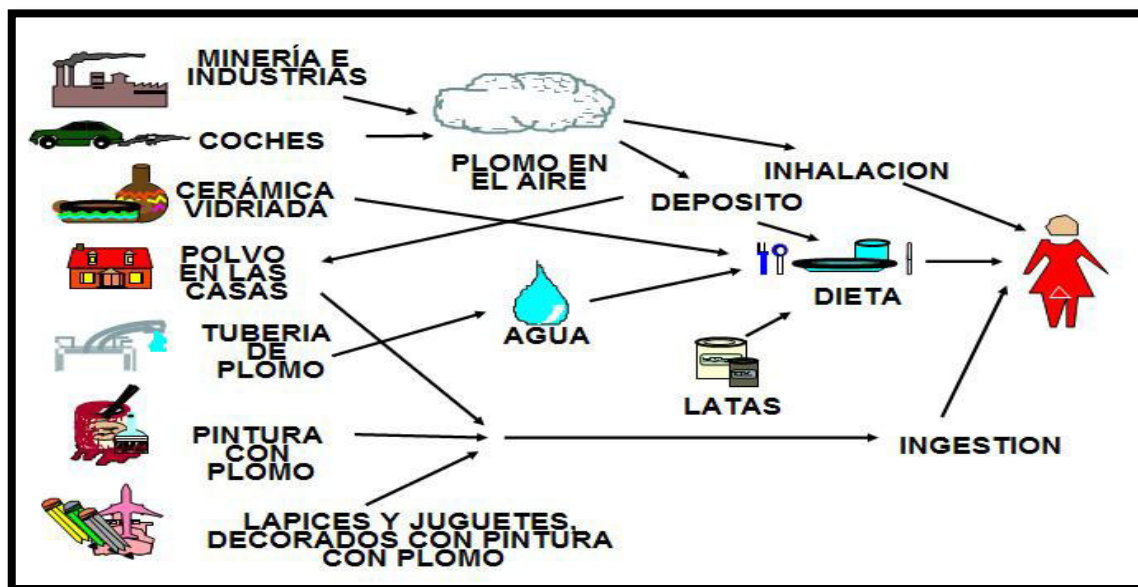


Figura 2. Fuentes de exposición³³.

2.3.4. Toxicocinética

2.3.4.1. Absorción

La velocidad de absorción del plomo depende de su forma fisicoquímica y de las características fisiológicas de la persona expuesta, especialmente relacionada con la edad y el estado nutricional.

La principal vía de ingreso es la respiratoria. Puede absorberse por las vías aéreas superiores a través de la mucosa nasal, pero la mayor proporción se absorbe a nivel de las vías aéreas inferiores en los alveolos. Se absorbe ya sea en forma de humos o partículas finas que son fagocitadas por los macrófagos alveolares. El grado de absorción depende de la proporción de polvo en forma de partículas de un tamaño menor a 5 μm y del volumen/minuto respiratorio de la persona. Por lo tanto, una mayor carga de trabajo produce una mayor absorción de plomo.

La absorción gastrointestinal depende de la solubilidad, del tipo de compuesto y del tamaño de las partículas. Los adultos no absorben por esta vía más del 20-30% de la cantidad ingerida pero en los niños y las embarazadas se alcanzan hasta un 50%. También se incrementa en condiciones de ayuno y en casos de déficit de hierro o calcio.

La absorción cutánea tiene escasa importancia aunque pueden absorberse las formas orgánicas. Además, el plomo de los proyectiles termina solubilizándose y distribuyéndose desde los tejidos donde han quedado alojados.

Debe tenerse en cuenta que factores como una mala higiene en el trabajo, hábito de fumar durante el mismo, una deficiente higiene personal pueden aumentar considerablemente la exposición, sobre todo por vía oral³⁴.

2.3.4.2. Distribución

Luego de su absorción el plomo se distribuye en tres compartimentos: en primer lugar circula por la sangre unido a glóbulos rojos, estando el 95% del plomo unido al eritrocito; luego se distribuye a los tejidos blandos como el hígado, riñón, médula ósea y sistema nervioso central que son los órganos blancos de toxicidad, luego de 1 a 2 meses el plomo difunde a los huesos donde es inerte y no tóxico. El plomo puede movilizarse del hueso en situaciones como embarazo, hipertiroidismo y edad avanzada. El plomo atraviesa la placenta y barrera hematoéncéfala³⁵. (Ver Figura 3.)

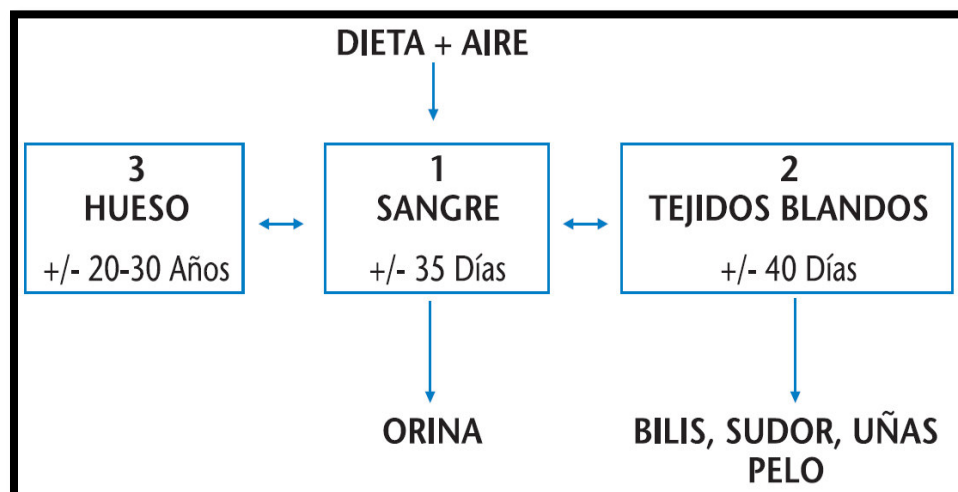


Figura 3. Distribución del plomo³⁵.

2.3.4.3. Eliminación

Son diversas las vías de eliminación del plomo, pero solo la vía renal y gastrointestinal son de importancia toxicológica. Las heces siempre presentan plomo que proviene en su mayor parte de la porción no absorbida y de otras fuentes, como: a) Secreción activa o pérdida pasiva de plomo desde las glándulas salivales, páncreas y pared intestinal; b) Pérdida por reboce desde células epiteliales; y, c) Excreción biliar, cuyo papel aún es incierto. La excreción renal es la de mayor importancia toxicológica debido a que se hace por filtración glomerular, el papel de la reabsorción tubular no está totalmente elucidado³⁶.

Otras vías de eliminación son la saliva, el sudor, las faneras y la leche materna. En el caso de baja exposición al plomo existe un equilibrio entre el aporte de plomo y su eliminación. Pero una vez pasado cierto nivel, la eliminación del plomo no se corresponde con el grado de la carga corporal del metal ingresado y acumulado comenzando así el riesgo de intoxicación. El nivel referido depende no solamente

del grado de exposición al plomo, sino también de la edad y de la integridad de órganos importantes para su metabolismo y excreción, como el hígado o el riñón³⁰.

2.3.5. Toxicodinamia

El plomo interacciona y compite con metales esenciales, como el calcio (Ca), hierro (Fe), zinc (Zn) y cobre (Cu) modificando sus concentraciones celulares¹¹.

Por su capacidad de reemplazar al calcio y otros cationes divalentes en la maquinaria molecular, los efectos del plomo abarcan prácticamente la totalidad del ambiente celular, lo que permite rastrear sus secuelas desde la matriz extracelular hasta el núcleo. Muchos de estos efectos son producto de la interacción directa del plomo con el componente celular en cuestión, otros son resultado del mal funcionamiento de procesos más complejos como la regulación genética, la síntesis de proteínas o el metabolismo energético, por lo cual se amplifica su efecto a proteínas y sistemas que estructuralmente no son susceptibles a su acción³⁴.

Además, el plomo presenta una gran afinidad por los grupos sulfhidrilo, en especial por las enzimas dependientes de zinc. El mecanismo de acción es complejo; en primer lugar, parece ser que el plomo interfiere con el metabolismo del calcio, sobre todo cuando el metal está en concentraciones bajas, a través de estas vías:

- a) Reemplazando al calcio y comportándose como un segundo mensajero intracelular, alterando la distribución del calcio en los compartimentos dentro de la célula.
- b) Activando a la proteinquinasa C, enzima dependiente de calcio y que participa en muchos procesos intracelulares.
- c) Uniéndose a la calmodulina más ávidamente que el calcio, ésta es una proteína reguladora importante.
- d) Inhibiendo a la bomba de Na-K-ATPasa, lo que genera el aumento de calcio a nivel intracelular, originando consecuencias a nivel de la neurotransmisión y en el tono vascular lo que explicaría en parte la hipertensión y la neurotoxicidad³⁵.

2.3.6. Efectos en la salud del plomo

Los signos y síntomas de la intoxicación difieren según la naturaleza del plomo. Los compuestos inorgánicos actúan en el organismo de la misma forma una vez que son absorbidos, además de que por lo general son poco solubles, siendo por ello su toxicidad relativamente escasa comparada con la de los compuestos orgánicos²⁹. (Ver Figura 4.)



Figura 4. Efectos del plomo³⁶.

2.3.6.1. Intoxicación aguda

Puede ser debida a una ingestión accidental o voluntaria de una sal de plomo. Algunos de los síntomas pueden ser cefalea, irritabilidad, dolor epigástrico y abdominal, náuseas y vómitos. En situaciones más severas pueden surgir alteraciones renales (albuminuria, cilindruria, oliguria) y alteración a nivel hepático. Las manifestaciones hematológicas en la intoxicación aguda con niveles elevados de plomo se han asociado con la anemia hemolítica^{34, 38}.

La encefalopatía aguda es una de las consecuencias más severas, es rara en adultos, pero se cuenta con diversos casos de niños intoxicados con pedazos de pintura de casas viejas. Los signos más característicos incluyen somnolencia, alteraciones del comportamiento, vómito esporádico, ataxia, apatía, confusión, coma y convulsiones que pueden llevar a la muerte en 3 o 4 días^{29, 34}.

2.3.6.2. Intoxicación crónica

La intoxicación por plomo habitualmente es crónica (exposiciones de meses a años). Las manifestaciones clínicas de la intoxicación crónica son polimorfas y abarcan prácticamente todos los órganos y sistemas; en particular, el sistema nervioso central y periférico, hematopoyético y renal, también se pueden ver afectados el sistema gastrointestinal, cardíaco y reproductivo³⁸.

2.3.6.2.1. Efectos neurológicos

El sistema nervioso es sensible a la acción del plomo. En niños, se han descrito deficiencias neurológicas con niveles de exposición que antes no se consideraban nocivos. La toxicidad del plomo en la infancia puede tener efectos permanentes. En general, se produce trastornos de conducta, del aprendizaje y deficiencia continua en el desarrollo neurológico, con retraso o deterioro del desarrollo psicomotor (áreas cognitivas o intelectual, motora gruesa y fina, lenguaje y social) que se manifiesta como una puntuación de coeficiente intelectual más baja y deficiencia cognitiva. Además puede observarse una disminución en la agudeza auditiva, lo que contribuye a los problemas de aprendizaje o alteraciones conductuales^{34, 38}.

Los adultos también presentan efectos sobre el sistema nervioso central con niveles relativamente bajos de plomo en sangre, que se manifiestan en cambios de conducta sutiles, fatiga y problemas de concentración. La exposición crónica al plomo, genera principalmente lesiones a nivel del sistema nervioso periférico, con manifestaciones sensitivas y motoras, las cuales son mucho más claras y frecuentes en adultos.

Se ha descrito neuropatía periférica y disminución en la velocidad de conducción nerviosa. La neuropatía por plomo se produce por daño de las neuronas motoras del asta anterior de la médula espinal, con degeneración de las terminales axónicas. La parálisis evidente, con caída de la muñeca, se manifiesta como un signo tardío de la intoxicación por plomo³⁴. (Ver Figura 5.)



Figura 5. Polineuropatía por plomo³⁵.

2.3.6.2.2. Efectos hematológicos

El sistema hematopoyético es el más sensible a los efectos del plomo, siendo la síntesis del grupo hemo la más afectada. Resultando inhibida la enzima ácido d-aminolevulinico deshidratasa de forma exponencial, dicha inhibición genera la acumulación del ácido d-aminolevulinico, que es neurotóxico, posiblemente porque interfiere con el ácido gamma-aminobutírico (GABA) en el sistema nervioso central (SNC).

Además, el plomo inhibe a la enzima ferroquelatasa, responsable de la inserción del hierro dentro del anillo de protoporfirina IX, ocasionando la acumulación de protoporfirina libre en los eritrocitos. (Ver Figura 6.)

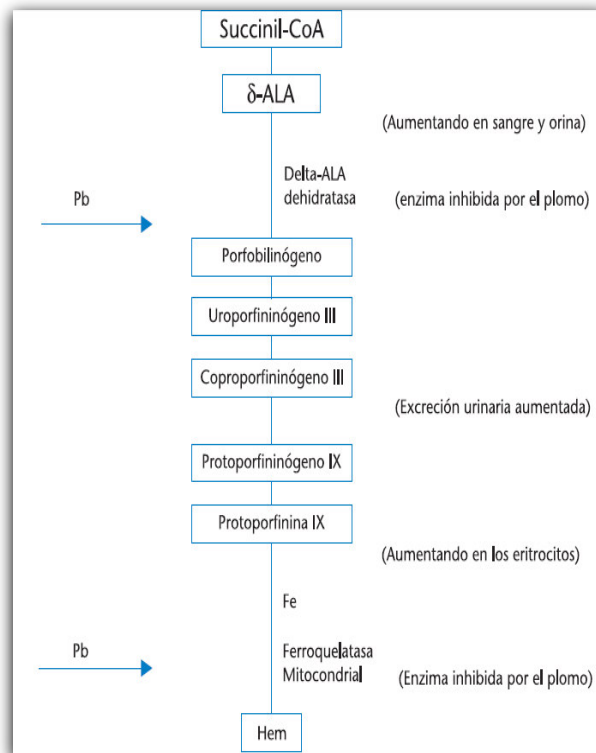


Figura 6. Inhibición de la síntesis del grupo Hemo³⁵.

El plomo interfiere con la bomba Na-K ATPasa de la membrana del glóbulo rojo, lo que genera su fragilidad y disminución en el tiempo de vida. Se considera que el plomo puede inducir dos tipos de anemia, a menudo acompañadas con inclusiones basófilas de los eritrocitos jóvenes. La anemia hemolítica se asocia con una exposición aguda severa, mientras que en una exposición crónica, la anemia es hipocrómica y normocítica o microcítica asociada a reticulocitosis. Se debe señalar que la anemia no es una manifestación inicial de la intoxicación por plomo, pues esta se manifiesta cuando los niveles de plomo en sangre permanecen elevados durante períodos prolongados. Otro factor que suma a la

producción de anemia es la pérdida de eritropoyetina por el túbulo renal, por lo que la producción de anemia es multifactorial. (Ver Figura 7.)

El incremento del ácido d-aminolevulinico y de la protoporfirina libre eritrocitaria en orina son indicadores de los efectos biológicos de la intoxicación por plomo^{12, 34}.

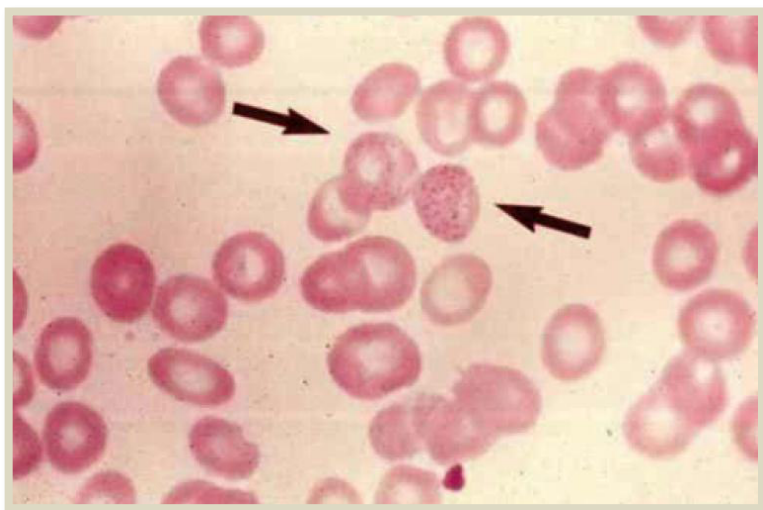


Figura 7. Glóbulos rojos con inclusiones basófilos⁵.

2.3.6.2.3. Efectos renales

Un efecto directo de la exposición crónica al plomo es la nefropatía. La alteración de la función de los túbulos proximales se manifiesta como aminoaciduria, glicosuria e hiperfosfaturia (un síndrome similar al de Fanconi). También existen pruebas de una asociación entre la exposición al plomo y la hipertensión arterial, un efecto que puede estar mediado por mecanismos renales.

Puede desarrollarse gota como resultado de la hiperuricemia inducida por el plomo, y una disminución selectiva de la excreción fraccional de ácido úrico previa a una disminución del aclaramiento de creatinina³⁸.

2.3.6.2.4. Efectos endocrinos

El plomo interfiere en el mecanismo de homeostasis de la hormona paratiroidea, la calcitonina, la vitamina D y otras que actúan en el metabolismo del calcio en los huesos, esto puede llevar a una osteoporosis con riesgo de fracturas. También se deposita en los dientes, afectando la dentina y las células de la pulpa dental³⁸.

2.3.6.2.5. Efectos gastrointestinales

Suelen presentar anorexia, falta de apetito, estreñimiento, dolor que puede llegar a ser de tipo cólico llamado "cólico saturnino", es un cuadro de abdomen agudo no quirúrgico típico de intoxicaciones plúmbicas severas, que puede acompañarse de vómitos e intensa sudoración, muchas veces se confunde con cuadros abdominales de otra etiología^{38,39}.

Además, se puede observar el típico ribete de Burton de coloración azul grisáceo en el borde gingival, debido a que el sulfuro liberado por las bacterias de la cavidad bucal se une al plomo^{30, 39,40}. (Ver Figura 8.)



Figura 8. Ribete de Burton⁴⁰.

2.3.6.2.6. Efectos a nivel del desarrollo fetal y reproductivo

El plomo es capaz de atravesar la barrera placentaria, por ello en mujeres embarazadas con niveles de plomo elevados pueden ocurrir abortos espontáneos, o nacer niños de bajo peso, que a su vez se ha demostrado que crecen y desarrollan con mayor lentitud.

Estudios en animales demostraron su teratogenicidad; sin embargo, los estudios en humanos no han logrado demostrar una relación entre niveles de plomo y malformaciones congénitas.

Los efectos del plomo sobre el aparato reproductor masculino en humanos no están bien caracterizados. Pueden existir efectos testiculares, como disminución del recuento y motilidad espermática debido a una exposición crónica al plomo ^{33, 38,39}.

2.3.6.2.7. Efectos carcinogénicos

El plomo inorgánico y compuestos de plomo inorgánico han sido clasificados por la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) en el grupo 2B como posibles cancerígenos para el ser humano.

Se ha descrito que las sales solubles, como el acetato y el fosfato de plomo, generan tumores a nivel renal en ratas. En la actualidad hay pocos estudios que demuestren este efecto en personas, hasta el momento puede asociarse a cáncer de pulmón, estómago y gliomas³⁴.

Tabla 5. Signos y síntomas de la intoxicación crónica por plomo¹¹.

Manifestaciones clínicas	
Gastrointestinales	Anorexia, dispepsia, estreñimiento, sabor metálico en la boca, dolor abdominal.
Hematopoyéticos	Anemia, punteado basófilo.
Neurológicos	Encefalopatía, muñeca caída o pie caído.
Renales	Albuminuria, hematuria, cilindros en la orina.
Cavidad oral	Ribete de Burton, estomatitis ulcerosa.
Endocrinos y del sistema reproductor	Anormalidades del ciclo ovárico, infertilidad, aborto espontáneo, alteraciones en los espermigramas.
Fetales	Macrocefalia, poco peso, alteraciones del sistema nervioso, tasa de mortalidad aumentada durante el primer año.

2.3.7. Tratamiento

El tratamiento deber ser llevado a cabo por un equipo multidisciplinario. Este debe basarse en tres puntos: eliminación o reducción de la fuente de exposición, soporte nutricional y tratamiento con quelantes.

2.3.7.1. Eliminación o reducción de la fuente de exposición

Es un punto importante en el tratamiento de la intoxicación. Cuando la fuente de exposición no es clara se debe llevar a cabo una investigación exhaustiva a fin de determinar la fuente.

Las medidas para disminuir en el hogar la presencia de plomo son:

- Pasar un paño o una esponja humedecida con detergente común o especial que contenga fosfatos sobre los pisos, marcos de ventanas y puertas.
- Lavado frecuente de manos sobretodo antes de comer o dormir, mantener siempre limpia el área de juegos de los niños, mamaderas, juguetes y controlar el hábito de pica.
- Limpiar correctamente los zapatos antes de entrar a la casa para no trasladar tierra que contenga plomo¹².

2.3.7.2. Soporte nutricional

El tratamiento nutricional consistirá en el consumo de alimentos que aporten calcio, como los lácteos o derivados que contengan cantidad suficiente de calcio. También se centrará en el consumo de alimentos que aporten hierro, como las carnes, lentejas, espinaca, membrillo.

Además la dieta debe ser adecuada en calorías según la edad de la persona, siendo fraccionada por lo menos en cuatro comidas básicas, ya que el vaciamiento gástrico favorece la absorción del metal³⁹.

2.3.7.3. Tratamiento con agentes quelantes

Los agentes quelantes son sustancias que se unen a los metales pesados que circulan por el torrente sanguíneo, formando compuestos atóxicos e hidrosolubles, que son eliminados en la orina y en la bilis.

La terapia quelante no se recomienda para personas con niveles de plomo menores a 45 µg/dL. Para personas con exposición alta al plomo pero con niveles sanguíneos bajos, tampoco se recomienda el empleo de agentes quelantes, ya que el riesgo de movilizar el plomo es más severo que los beneficios del tratamiento. En estos casos se recomienda una dieta rica en calcio, para evitar que su deficiencia movilice el plomo de los huesos^{5,10}.

Posterior a la quelación se debe retirar definitivamente a la persona de la fuente de exposición. Los agentes quelantes usados a nivel internacional son:

a) Ácido 2,3 dimercaptosuccinico (SUCCIMER). Tiene la ventaja de provocar pocos efectos adversos, se emplea vía oral a dosis de 10 mg/kg/dosis repartidos cada 8 horas por 5 días, luego cada 12 horas por 14 días más. Este quelante no redistribuye el plomo al cerebro.

b) Calcio disodico-ácido etilendiaminotetraacético (CaNa_2EDTA). Se emplea a dosis de 30-50 mg/kg/día ($1500 \text{ mg/m}^2/\text{d}$) diluido en dextrosa al 5% (para una dilución de 2 a 4 mg/mL), a pasar por goteo endovenoso en 6 o 8 horas, por 5 días consecutivos.

c) Dimercaprol (BAL, British Anti Lewisite). Se asocia con EDTA-Ca en casos de encefalopatía o plumbemia mayor a 100 mg/dL en adultos y mayor a 60 mg/dL en niños a dosis de 3 a 5 mg/kg/dosis por vía intramuscular, 4 horas previa al EDTA cálcico, el 1 y 2 día cada 4 horas, el 3 y 4 día cada 6 horas y el 5 día cada 12 horas^{30,38}.

2.3.8. Valores límites permisibles de plomo

En el Perú de acuerdo a la Resolución Ministerial N° 511-2007/MINSA, “Guía de Práctica Clínica para el Manejo de Pacientes con intoxicación por Plomo”, se establece que los límites biológicos aceptados de plomo en sangre son hasta 10 µg/dL para niños y gestantes, hasta 20 µg/dL para adultos no expuestos ocupacionalmente y hasta 40 µg/dL para adultos expuestos ocupacionalmente^{38,41}. En contraste, la Norma Oficial Mexicana 199-SSA1-2000 (NOM-199-SSA1-2000) precisa que no se recomiendan valores superiores a 25 µg/dL en adultos sin exposición ocupacional y de 30 µg/dL cuando se refiera a personas con riesgo de exposición según la Norma Oficial Mexicana 047-SSA1-2011 (NOM-047-SSA1-2011).

El Centro de Control y Prevención de Enfermedades de Estados Unidos (CDC) recomienda intervención profesional en concentraciones mayores de 5 µg/dL y 10 µg/dL de plomo en sangre en niños y adultos, respectivamente. Mientras que la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) recomienda que trabajadores con un valor superior a 40 µg/dL se retiren del ambiente laboral por un tiempo³.

Tabla 6. Valores de niveles permisibles de plomo^{3, 41}.

ORGANISMO	NIÑOS	ADULTOS	RECOMENDACIONES
MINSA	≤10 µg/dL	≤20 µg/dL ≤40 µg/dL*	Solicitar exámenes auxiliares de acuerdo a la sintomatología, control mensual de plomo en sangre, notificación a la Dirección General de Epidemiología.
CDC	≤5 µg/dL	≤10 µg/dL	Advertencia, información y educación sobre los riesgos, implementación de medidas primarias, identificación de rutas y vías de exposición.
OSHA		<10 µg/dL 40 µg/dL 50-60 µg/dL	Monitoreo cada 6 meses. Suspensión laboral, tratamiento. Reinicio de actividad laboral, examen médico.
NOM-199-SSA1-2000	10-14 µg/dL** 15-24 µg/dL** >45 µg/dL* >70 µg/dL*	25-44 µg/dL*** >70 µg/dL***	Advertencia, monitoreo cada 3 meses, notificación. Seguimiento, información, identificación de rutas y vías de exposición, educación sobre riesgo y prescripción de suplementos alimenticios. Tratamiento farmacológico Emergencia, hospitalización.
NOM-047-SSA1-2011		≤30 µg/dL >10 µg/dL (mujeres en periodo fértil)	Revisión de prácticas y fuentes de exposición, medidas de control específico según NOM-010-STPS-1999.

*Personas ocupacionalmente expuestas. **Población menor de 15 años y mujeres embarazadas o en lactancia. ***Mayores de 15 años. MINSA (Ministerio de Salud-Perú), CDC (Centro de Control y Prevención de Enfermedades de Estados Unidos), OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional), Normas Oficiales Mexicanas (NOM-199-SSA1-2000 y NOM-047-SSA1-2011)^{3,41}.

III.PARTE EXPERIMENTAL

3.1. Selección de muestras

La muestra estuvo conformada por 40 personas adultas de sexo femenino y masculino, de las cuales 30 personas adultas cuyas edades oscilaron entre 19 y 81 años conformaron el grupo de estudio, mientras las otras 10 personas adultas cuyas edades oscilaron entre 22 y 43 años conformaron el grupo control.

El grupo de estudio, estuvo constituido por 20 mujeres y 10 varones residentes del Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe" del distrito Mi Perú; y el grupo control, estuvo constituido por 8 mujeres y 2 varones no residentes en dicho Asentamiento Humano.

3.2. Toma de muestras

La toma de muestras del grupo de estudio se realizó de forma domiciliaria a cada uno de los pobladores del Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe" del distrito Mi Perú, mientras que la toma de muestras del grupo control se llevó a cabo en el Servicio Académico Asistencial de Análisis Clínicos (SAAAC) que se encuentra dentro de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

-Se limpió minuciosamente el área de punción con una torunda de algodón empapada de alcohol 70°.

-Se utilizó el procedimiento de punción venosa empleándose agujas descartables con sistema de vacío, se recolectó con lentitud para evitar hemólisis, 5 mL de sangre en tubos con anticoagulante heparina de litio para el análisis de plomo en sangre.

-Se realizó movimientos de inversión de los tubos, con la finalidad de garantizar una adecuada homogenización del anticoagulante con la sangre.

3.3. Transporte y conservación de muestras

Se empleó un cooler con hielo seco para el traslado de las muestras sanguíneas del grupo caso al laboratorio, con la finalidad de mantenerlas en una cadena de frío. Mientras que las muestras sanguíneas del grupo control fueron llevadas rápidamente al laboratorio, para mantenerlas en refrigeración hasta su análisis.

Las muestras sanguíneas de ambos grupos fueron debidamente rotuladas, las muestras del grupo caso fueron codificadas con la letra G y números de 1 a 30, las muestras del grupo control fueron codificadas con la letra C y números de 1 a 10.

La determinación de plomo en sangre se realizó en el Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental (CICOTOX) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

3.4. Método empleado

El método empleado para la determinación de los niveles sanguíneos de plomo fue Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito.

3.4.1. Fundamento

La Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA) tiene como fundamento la absorción de radiación de una longitud de onda determinada. Esta radiación es absorbida selectivamente por átomos que tengan niveles energéticos cuya diferencia en energía corresponda en valor a la energía de los fotones incidentes. La cantidad de fotones absorbidos, está determinado por la ley de Beer, que relaciona ésta disminución del poder radiante, con la concentración de la especie absorbente y con el espesor de la celda o recipiente que contiene los átomos absorbentes⁴².

En la Espectrofotometría de Absorción Atómica la muestra es vaporizada mediante un proceso a elevada temperatura. A este proceso se le conoce con el nombre de atomización⁴³.

3.4.2. Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito

La Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito es una técnica de absorción atómica que emplea un tubo de grafito calentado mediante electricidad para vaporizar y atomizar el analito, obteniéndose de esta forma una mejora en la sensibilidad del análisis.

Un atomizador electrotérmico u horno de grafito típico está constituido por un tubo cilíndrico de grafito de 1 a 3 cm de longitud y 3 a 8 mm de diámetro. El proceso de atomización se lleva a cabo en 3 fases:

- En la primera fase, la muestra se seca empleando una corriente que eleva la temperatura del tubo de grafito hasta unos 110 °C, quedando un residuo sólido.
- En la segunda fase, la temperatura sube hasta 1200 °C de forma que todo el material orgánico que pueda existir en la muestra se convierta en CO₂ y H₂O, los materiales inorgánicos volátiles se evaporan.
- En la fase final, los metales presentes en la muestra se atomizan por un rápido incremento de la temperatura a 2000 – 3000 °C.

El límite de detección de esta técnica analítica es extremadamente bajo y solo requiere un pequeño volumen de muestra (aproximadamente 20µL). Se pueden presentar interferencias significativas por dispersión de la luz y absorción molecular por parte de los componentes de la matriz, pero esto se puede corregir mediante el empleo de diversos métodos, como la utilización de modificadores de matriz^{43, 44}. (Ver Figura 9.)



Figura 9. Espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito
Marca Thermo Scientific, Modelo iCE 3500. Laboratorio CICOTOX.

3.5. Reactivos, materiales y equipos

Reactivos

- Estándar Solución Patrón de Plomo (Nitrato de Plomo $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) de 1000 $\mu\text{g/mL}$.
- Tritón X – 100.
- Modificador de matriz fosfato de amonio ($\text{NH}_4 \text{H}_2\text{PO}_4$).
- Material de referencia de sangre.
- Agua ultrapura.
- Balón de Argón UHP.

Materiales

- Fiolas de 10 mL, 100 mL clase A.
- 01 Micropipeta de 10 – 100 μ L.
- 01 Micropipeta de 100 – 1000 μ L.
- Tubos al vacío con anticoagulante Heparina de Litio.
- Gradillas.
- Cooler.
- Refrigerantes.
- Alcohol 70°.
- Agujas descartables 21G X 1".
- Marcadores.
- Ligaduras.
- Guantes de Látex Talla S.
- Cinta adhesiva.

Equipos

- Equipo de Absorción Atómica marca: Thermo Scientific modelo: iCE 3500.
- Horno de grafito marca: Thermo Scientific modelo: GFS 35.
- Autosampler Thermo Scientific modelo GFS 35.
- Lámpara de Cátodo Hueco de Plomo.

3.6. Preparación de reactivos

3.6.1. Preparación de la Solución Diluyente

Medir 100 μL de Tritón X – 100 y llevarlo a una fiola de 100 mL, disolverlo con 50 mL de agua ultrapura caliente, agitar y dejarlo enfriar. Adicionar 2 mL de fosfato de amonio 10 %, enrasar con agua ultrapura y homogenizar.

3.7. Preparación de estándares

3.7.1. Preparación de Estándar Patrón de Plomo

Medir 1 mL de Estándar Solución Patrón de Plomo 1000 $\mu\text{g/mL}$ y llevarlo a una fiola de 100 mL, enrasar con agua ultrapura y homogenizar.

Concentración: 10 $\mu\text{g/mL}$ de estándar de plomo.

3.7.2. Preparación de Estándares de Plomo

Estándar de Plomo 50 ppb

Se tomó 50 μL de Estándar de Patrón de Plomo y se llevó a una fiola de 10 mL.

Se enrasó con agua ultrapura y homogenizó.

Estándar de Plomo 100 ppb

Se tomó 100 μL de Estándar de Patrón de Plomo y se llevó a una fiola de 10 mL.

Se enrasó con agua ultrapura y homogenizó.

Estándar de Plomo 200 ppb

Se tomó 200 μL de Estándar de Patrón de Plomo y se llevó a una fiola de 10 mL.

Se enrasó con agua ultrapura y homogenizó.

Estándar de Plomo 300 ppb

Se tomó 300 μL de Estándar de Patrón de Plomo y se llevó a una fiola de 10 mL.

Se enrasó con agua ultrapura y homogenizó.

3.8. Procedimiento

Cubo portamuestra Solución	ST 50ppb	ST 100ppb	ST 200ppb	ST 300ppb	Blanco Reactivo	Muestra (Sangre)
Solución Diluyente	900 µL	900 µL	900 µL	900 µL	900 µL	900 µL
ST 50ppb	100 µL	----	----	----	----	----
ST 100ppb	----	100 µL	----	----	----	----
ST 200ppb	----	----	100 µL	----	----	----
ST 300ppb	----	----	----	100 µL	----	----
Agua Ultrapura	----	----	----	----	100 µL	----
Muestra (Sangre)	----	----	----	----	----	100 µL
Volumen Total	1000 µL	1000 µL	1000 µL	1000 µL	1000 µL	1000 µL
Homogenizar para garantizar una adecuada mezcla						

Luego cada cubo portamuestra se colocó en el autosampler del Espectrofotómetro de Absorción Atómica y se realizaron las lecturas correspondientes.

3.9. Condiciones instrumentales

- Longitud de onda: 217 nm.
- Rendija: 1.0 nm.
- Corrección de fondo: Lámpara de deuterio.
- Corriente de lámpara: 90 %.
- Tubo de grafito: Tubo de grafito de alta densidad.
- Fuente de luz: Lámpara de cátodo hueco de Plomo.
- Medida de señal: Área del pico.
- Volumen de inyección: 20 μ L.

Tabla 7. Programa de Temperaturas del Horno de grafito.

Etapa	Temperatura (°C)	Tiempo (s)	Rampa (°C/s)	Flujo de gas (L/min)	Comando	Especificación
1	105	18	60	0.3		Secado
2	400	5	150	0.3		Calcinado
3	400	0.5	50	Apagado		
4	1800	2	0	Apagado	RD (Lectura) y TC (Control de Temperatura)	Atomización
5	2600	4	0	0.3	TC (Control de Temperatura)	Limpieza

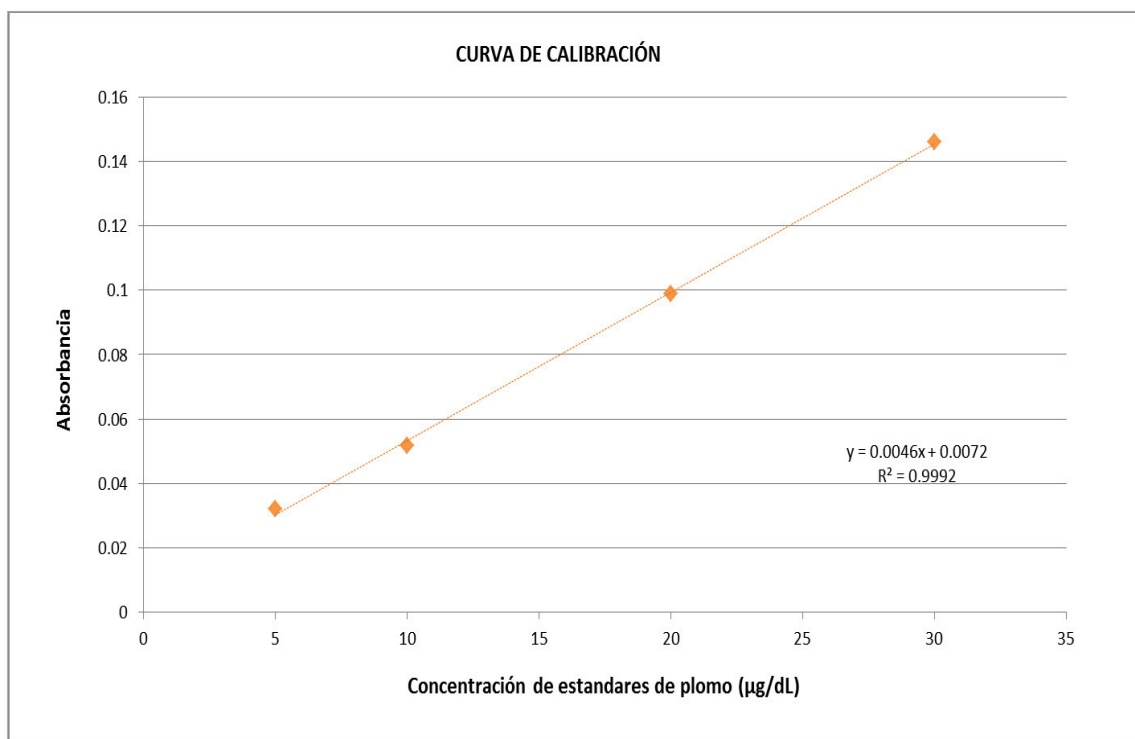


Figura 10. Curva de Calibración de Estándares de plomo.

IV.RESULTADOS

4.1. Determinación de plomo

Tabla 8. Resultados generales de la concentración de plomo en 40 muestras de sangre de adultos.

N°	Código de muestra	Concentración de plomo	Límite según OMS
1	G1	1.127 µg/dL	≤20 µg/dL
2	G2	5.997 µg/dL	≤20 µg/dL
3	G3	1.070 µg/dL	≤20 µg/dL
4	G4	5.408 µg/dL	≤20 µg/dL
5	G5	5.357 µg/dL	≤20 µg/dL
6	G6	1.956 µg/dL	≤20 µg/dL
7	G7	2.998 µg/dL	≤20 µg/dL
8	G8	0.355 µg/dL	≤20 µg/dL
9	G9	0.162 µg/dL	≤20 µg/dL
10	G10	0.105 µg/dL	≤20 µg/dL
11	G11	2.993 µg/dL	≤20 µg/dL
12	G12	0.820 µg/dL	≤20 µg/dL
13	G13	1.647 µg/dL	≤20 µg/dL
14	G14	2.089 µg/dL	≤20 µg/dL
15	G15	0.897 µg/dL	≤20 µg/dL
16	G16	<0.100 µg/dL	≤20 µg/dL
17	G17	4.644 µg/dL	≤20 µg/dL
18	G18	<0.100 µg/dL	≤20 µg/dL
19	G19	2.338 µg/dL	≤20 µg/dL
20	G20	1.211 µg/dL	≤20 µg/dL
21	G21	<0.100 µg/dL	≤20 µg/dL
22	G22	2.344 µg/dL	≤20 µg/dL
23	G23	8.724 µg/dL	≤20 µg/dL
24	G24	2.007 µg/dL	≤20 µg/dL
25	G25	<0.100 µg/dL	≤20 µg/dL
26	G26	2.430 µg/dL	≤20 µg/dL
27	G27	4.583 µg/dL	≤20 µg/dL
28	G28	0.592 µg/dL	≤20 µg/dL
29	G29	2.289 µg/dL	≤20 µg/dL
30	G30	4.493 µg/dL	≤20 µg/dL
31	C1	<0.100 µg/dL	≤20 µg/dL
32	C2	<0.100 µg/dL	≤20 µg/dL
33	C3	<0.100 µg/dL	≤20 µg/dL
34	C4	<0.100 µg/dL	≤20 µg/dL

35	C5	<0.100 µg/dL	≤20 µg/dL
36	C6	<0.100 µg/dL	≤20 µg/dL
37	C7	<0.100 µg/dL	≤20 µg/dL
38	C8	<0.100 µg/dL	≤20 µg/dL
39	C9	<0.100 µg/dL	≤20 µg/dL
40	C10	<0.100 µg/dL	≤20 µg/dL

En la Tabla 8. Se observan los valores de plomo de las 40 muestras analizadas debidamente codificadas, donde G y C representan los 2 grupos analizados: Pobladores adultos del Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe" del distrito Mi Perú y adultos no residentes en el distrito de Mi Perú, respectivamente.

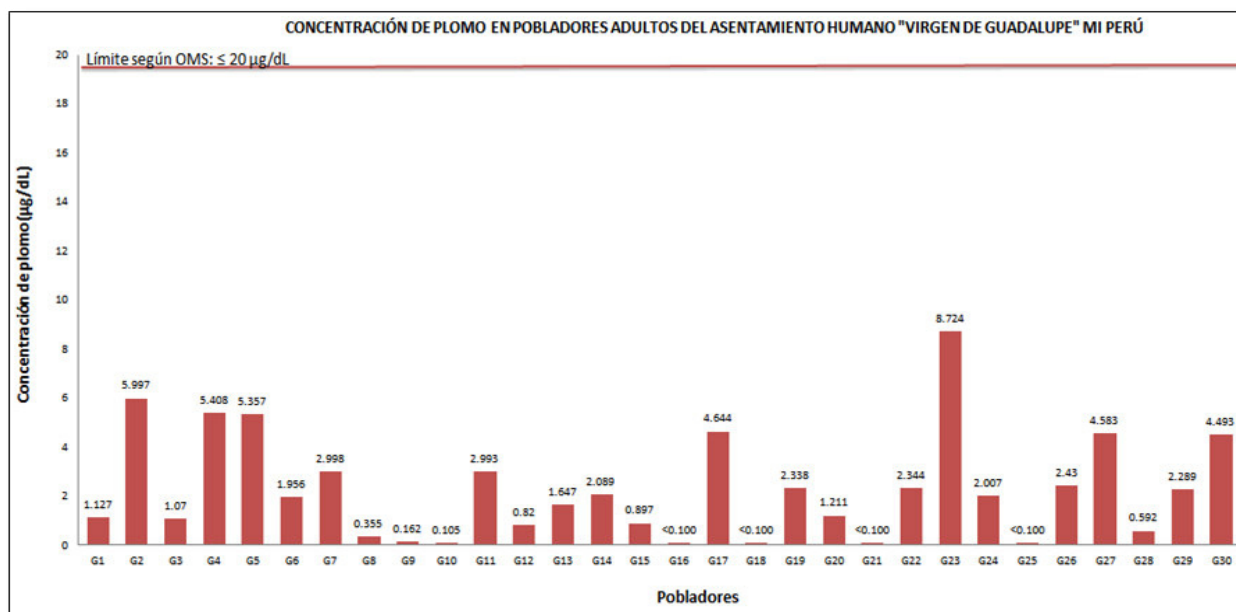


Figura 11. Concentración de plomo vs Pobladores adultos del A.H "Virgen de Guadalupe" del Distrito Mi Perú.

En la figura 11 se aprecia que el poblador representado por el código G23 presenta la mayor concentración de plomo y los pobladores representados por los códigos G16, G18, G21 y G25 presentan concentraciones de plomo menores a 0.100 µg/dL.

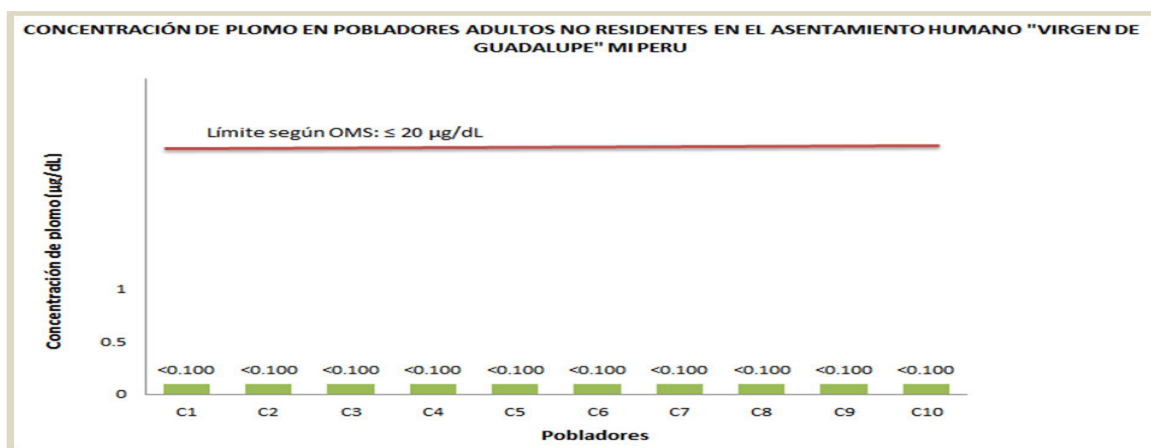


Figura 12. Concentración de plomo vs Pobladores adultos No Residentes en el A.H "Virgen de Guadalupe" del Distrito Mi Perú.

En la figura 12 se aprecia que todas las personas adultas no residentes en el asentamiento humano del Distrito Mi Perú, representados por los códigos C1 a C10, presentan una concentración de plomo menor a 0.100 µg/dL.

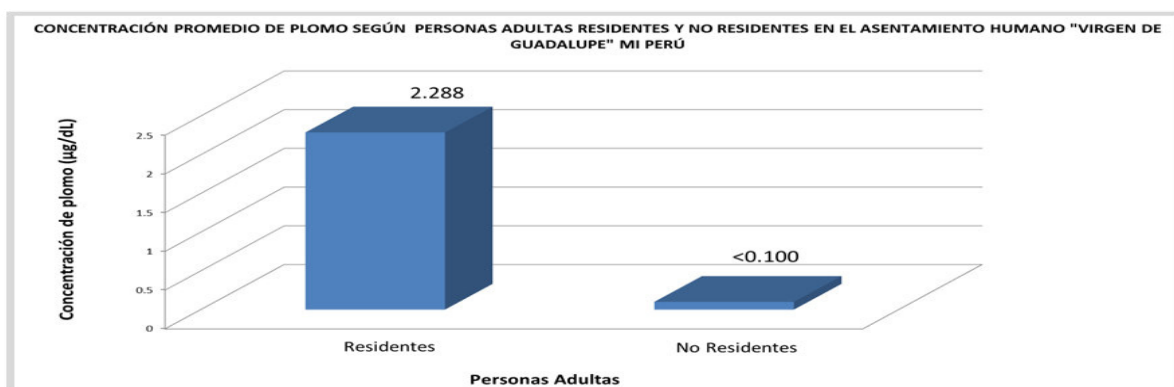


Figura 13. Concentración de plomo vs Personas adultas residentes y no residentes en el A.H "Virgen de Guadalupe" del Distrito Mi Perú.

En la figura 13 se aprecia que las personas adultas residentes en el asentamiento humano "Virgen de Guadalupe" presentan mayor concentración promedio de plomo respecto a las personas adultas no residentes en dicho asentamiento.

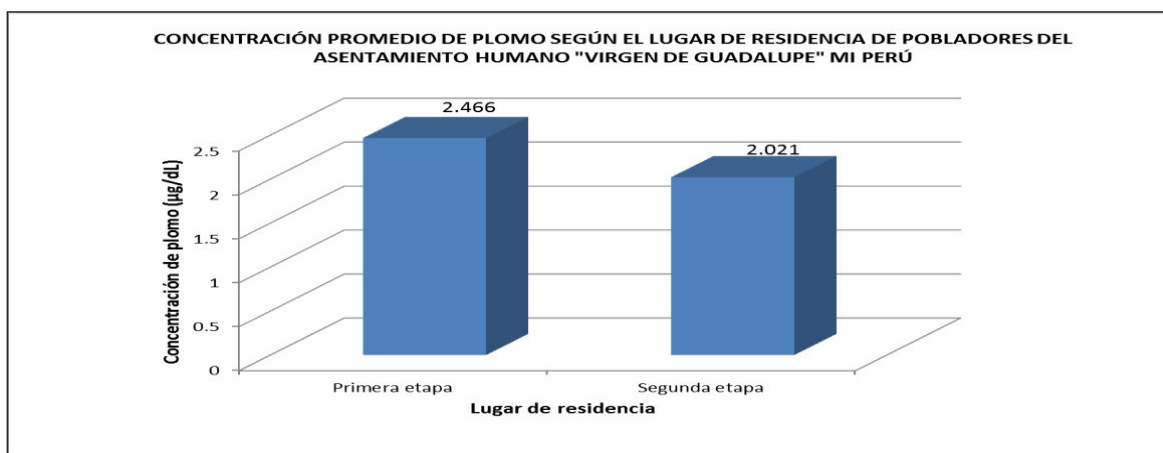


Figura 14. Concentración promedio de plomo vs Lugar de residencia en el Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe" del Distrito Mi Perú.

En la figura 14 se aprecia que los pobladores de la primera etapa presentan mayor concentración promedio de plomo respecto a los pobladores de la segunda etapa del Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe" del distrito Mi Perú.

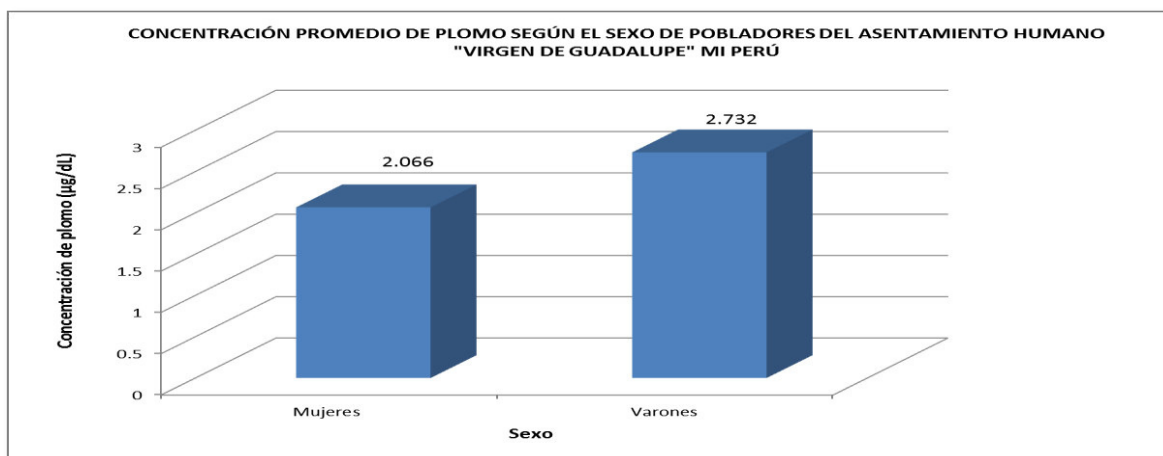


Figura 15. Concentración promedio de plomo vs Sexo de pobladores del Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe" del Distrito Mi Perú.

En la figura 15 se aprecia que los varones presentan mayor concentración promedio de plomo respecto a las mujeres del Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe" del distrito Mi Perú.

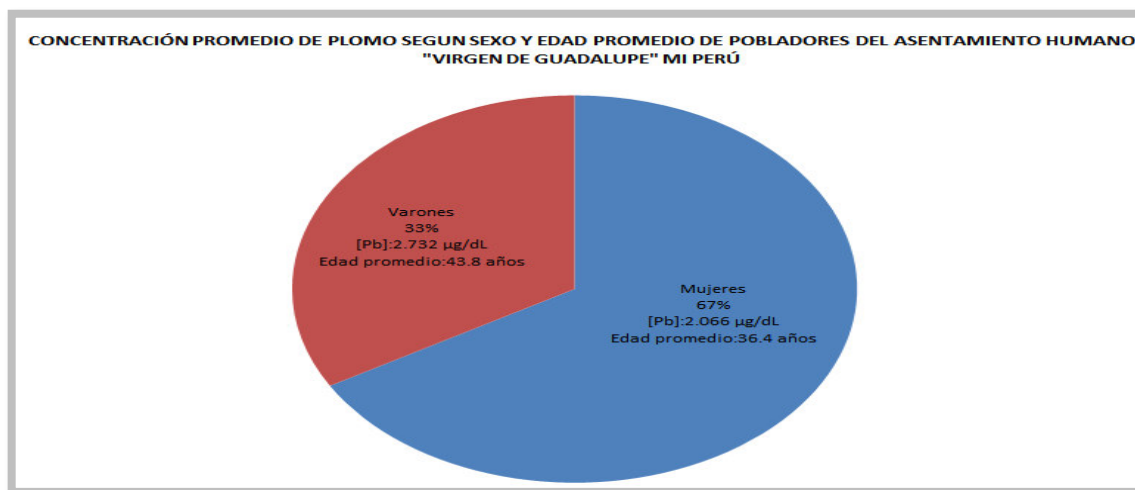


Figura 16. Concentración promedio de plomo vs Sexo y edad promedio de pobladores del Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe" del Distrito Mi Perú.

En la figura 16 se aprecia que las mujeres representan un mayor porcentaje respecto a los varones del Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe" del distrito Mi Perú. Además, se aprecia que los varones presentan una mayor edad promedio y concentración promedio de plomo respecto a las mujeres del Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe" del distrito Mi Perú.

Tabla 9. Estadística descriptiva de la concentración de plomo en pobladores del A.H "Virgen de Guadalupe" del Distrito Mi Perú.

Parámetro	Valor
N	30
Media	2.288 μg/dL
Mediana	1.982 μg/dL
Desviación estándar	2.170 μg/dL
Moda	<0.100 μg/dL
Mínimo	<0.100 μg/dL
Máximo	8.724 μg/dL

En la tabla 9. Se aprecia que la media de la concentración sanguínea de plomo en los pobladores del asentamiento humano "Virgen de Guadalupe" del Distrito Mi Perú es de 2.288 $\mu\text{g/dL}$, el 50 % del total de datos tienen una concentración menor a 1.982 $\mu\text{g/dL}$, el valor más frecuente en la concentración sanguínea de plomo es $<0.100 \mu\text{g/dL}$, los datos se desvían con respecto a la media en promedio de 2.170 $\mu\text{g/dL}$, el valor máximo es de 8.724 $\mu\text{g/dL}$ y el valor mínimo es $<0.100 \mu\text{g/dL}$.

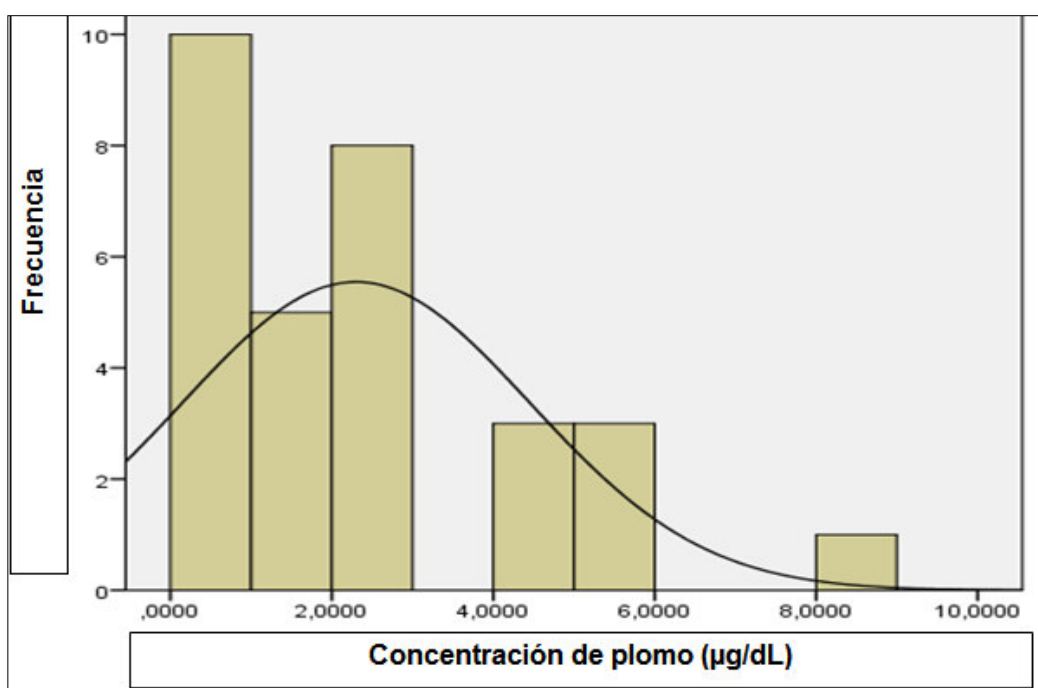


Figura 17. Histograma de la concentración de plomo en pobladores del asentamiento humano "Virgen de Guadalupe" del Distrito Mi Perú.

Prueba de *T-student* entre los valores hallados de plomo según el grupo analizado.

a) Hipótesis:

***H₀*:** Existen diferencias significativas entre los valores hallados de plomo y el grupo analizado.

***H₁*:** No existen diferencias significativas entre los valores hallados de plomo y el grupo analizado.

Tabla 10. Comparación de los valores de plomo obtenido en muestras sanguíneas según el grupo.

Grupo		N	Media	Desviación estándar	T	p
Concentración de plomo (µg/dL)	Estudio	30	2.288	2.170	3,3	0,002
	Control	10	<0.100	0.000		

Si $p < 0,05$ existen diferencias significativas.

b) Conclusión:

$p = 0,002 \rightarrow$ Se acepta *H₀*, por lo tanto, existen diferencias significativas.

Prueba de *T-student* entre los valores hallados de plomo en pobladores del asentamiento humano "Virgen de Guadalupe" del Distrito Mi Perú y el valor límite establecido por la OMS.

a) Hipótesis:

***H₀*:** Existen diferencias significativas entre los valores hallados de plomo y el límite establecido por la OMS.

***H₁*:** No existen diferencias significativas entre los valores hallados de plomo y el límite establecido por la OMS.

Tabla 11. Comparación de los valores de plomo obtenido en muestras sanguíneas y el límite establecido por la OMS.

Parámetro	N	Media	Desviación estándar	T	p
Concentración de plomo (ug/dL)	30	2.288	2.170	-44.700	0,000

Si $p < 0,05$ existen diferencias significativas.

b) Conclusión:

$p = 0,000 \rightarrow$ Se acepta ***H₀***, por lo tanto, existen diferencias significativas.

Prueba de *T-student* entre los valores hallados de plomo según el lugar de residencia de los pobladores del asentamiento humano "Virgen de Guadalupe" del Distrito Mi Perú.

a) Hipótesis:

***H₀*:** Existen diferencias significativas entre los valores hallados de plomo y lugar de residencia de los pobladores.

***H₁*:** No existen diferencias significativas entre los valores hallados de plomo y el lugar de residencia de los pobladores.

Tabla 12. Comparación de los valores de plomo obtenido en muestras sanguíneas según el lugar de residencia de los pobladores.

Zona		N	Media	Desviación estándar	T	p
Concentración de plomo (µg/dL)	Primera etapa	18	2.466	1.954	0,54	0,59
	Segunda etapa	12	2.021	2.528		

Si $p < 0,05$ existen diferencias significativas.

b) Conclusión:

$p = 0,59 \rightarrow$ Se acepta *H₁*, por lo tanto, no existen diferencias significativas.

Prueba de *T-student* entre los valores hallados de plomo según el sexo de los pobladores del asentamiento humano "Virgen de Guadalupe" del Distrito Mi Perú.

a) Hipótesis:

***H₀*:** Existen diferencias significativas entre los valores hallados de plomo y el sexo de los pobladores.

***H₁*:** No existen diferencias significativas entre los valores hallados de plomo y el sexo de los pobladores.

Tabla 13. Comparación de los valores de plomo obtenido en muestras sanguíneas y el sexo de los pobladores.

Sexo		N	Media	Desviación estándar	T	p
Concentración de plomo (ug/dL)	Femenino	20	2.066	2.196	-0,78	0,44
	Masculino	10	2.732	2.160		

Si $p < 0,05$ existen diferencias significativas.

b) Conclusión:

$p = 0,44 \rightarrow$ Se acepta *H₁*, por lo tanto, no existen diferencias significativas.

V.DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de niveles sanguíneos promedio de plomo fueron 2.288 $\mu\text{g/dL}$ y $<0.100 \mu\text{g/dL}$, para los pobladores del asentamiento humano "Virgen de Guadalupe" (Grupo de estudio) y personas no residentes en dicho asentamiento humano (Grupo control), respectivamente. Ambos grupos presentaron valores sanguíneos promedio de plomo por debajo del límite establecido por la OMS; sin embargo, se puede apreciar que los pobladores del asentamiento humano tienen una concentración promedio de plomo mayor a las personas que no residen en dicho asentamiento. Este hecho guarda relación con la situación que atraviesa la población del asentamiento humano "Virgen de Guadalupe" del distrito Mi Perú, debido a la contaminación ambiental producto de su cercanía a la zona industrial; mientras, las personas del grupo control residen en zonas urbanas de diferentes distritos de Lima: Villa Maria del Triunfo, San Juan de Lurigancho, Puente Piedra, San Martin de Porres, Comas, Barranco, La Victoria y San Juan de Miraflores, viéndose expuestos al plomo a través del parque automotor principalmente, lo cual se relaciona con la baja concentración determinada, pues, por medio de un Decreto Supremo N° 019 – 98 – MTC, se dio un plazo hasta fines del 2004 para eliminar el contenido de plomo de las gasolinas³⁵. Además, se observó una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos (valor $p = 0.002$, $p < 0.05$). (Ver Tabla 10.)

Un estudio realizado en el año 2009 analizó 314 muestras sanguíneas de niños y adultos de La Oroya, Cerro de Pasco, Lima y otros. Se obtuvo que el 59 % de los pobladores de La Oroya de un rango de edad de 16 a 35 años presentaron niveles

sanguíneos de plomo mayores a 10 µg/dL, mientras que el 14% de pobladores del mismo rango de edad de otras ciudades presentaron niveles sanguíneos de plomo mayores a 10 µg/dL. En relación a pobladores de La Oroya mayores de 35 años se obtuvo que el 82 % presentaron niveles sanguíneos de plomo mayores a 10 µg/dL, mientras que el 28 % de pobladores del mismo rango de edad de otras ciudades presentaron niveles sanguíneos de plomo mayores a 10 µg/dL. Lo cual guarda relación, pues los pobladores de La Oroya se encuentran expuestos al plomo debido a la actividad minera que se da en zonas cercanas a los centros poblados⁴⁵. En nuestro trabajo de tesis, también se observó que los pobladores expuestos ambientalmente al plomo debido a la actividad industrial cercana presentaron niveles sanguíneos de plomo superiores a pobladores residentes en otros distritos de Lima.

En relación a los niveles sanguíneos de plomo según el lugar de residencia en el asentamiento humano "Virgen de Guadalupe", se observó que la concentración promedio de plomo en pobladores de la primera etapa fue 2.466 µg/dL y en la segunda etapa fue 2.021 µg/dL. Los resultados muestran que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos según la zona de residencia (valor $p = 0.59$, $p > 0.05$). (Ver Tabla 12.)

Sin embargo, se aprecia que los pobladores de la primera etapa presentan un nivel sanguíneo promedio de plomo mayor a los que residen en la segunda etapa, esto se puede deber a la cinética ambiental del plomo, el cual después de ser liberado en emanaciones industriales, pasa a ser transportado por acción del viento, y las partículas de plomo suspendidas en el aire pueden sedimentarse y

llegar así al suelo, a los objetos y a las paredes de las viviendas, viéndose expuestos a la contaminación ambiental por plomo, las poblaciones lejanas a los focos de emisiones industriales, tal como es el caso de los pobladores de la primera etapa del presente trabajo de tesis^{46,47}.

Con respecto a los niveles sanguíneos de plomo según el sexo de los pobladores del asentamiento humano "Virgen de Guadalupe", se aprecia que la concentración promedio de plomo en mujeres fue 2.066 µg/dL y en varones fue 2.732 µg/dL. Los resultados muestran que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos según el sexo de los pobladores (valor $p = 0.44$, $p > 0.05$). (Ver Tabla 13.)

Se puede observar que los varones presentan una concentración de plomo mayor que las mujeres, si bien no hay estudios que indiquen que el sexo influya en las concentraciones de plomo como tal, dichas diferencias en los niveles sanguíneos de plomo se pueden deber a factores biológicos y diferencias socioculturales, tales como el menor volumen globular en mujeres a diferencia de los varones, ya que aproximadamente el 95% del plomo en sangre es transportado por los glóbulos rojos; el embarazo, la lactancia y la menopausia, pueden aumentar los niveles de plomo en sangre, ya que estas condiciones incrementan el flujo de renovación tisular ósea, por lo que se libera el plomo presente en los huesos al torrente sanguíneo. En cuanto a los factores socioculturales, los varones son el grupo de mayor riesgo, debido a que hay una mayor proporción de varones que de mujeres en el sector de la minería y la industria de fabricación de baterías, y por tanto presentan un mayor riesgo de exposición crónica al plomo^{48, 49,50}.

Un trabajo de tesis realizado el año 2007 analizó 40 muestras sanguíneas de pobladores adultos del asentamiento humano " Cultura y Progreso" del distrito de Chaclacayo, las mujeres presentaron niveles promedio de plomo de 7.62 $\mu\text{g/dL}$ y los varones de 8.08 $\mu\text{g/dL}$ ². En nuestro trabajo de tesis también los varones presentaron un nivel promedio de plomo mayor respecto a las mujeres, sin embargo no se encontró diferencia significativa.

VI.CONCLUSIONES

-La concentración promedio de plomo en las 30 muestras de sangre de los pobladores adultos del Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe" del distrito Mi Perú fue 2.288 µg/dL, que no supera el límite permisible establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS, ≤ 20 µg/dL).

-La concentración promedio de plomo en sangre fue 2.732 µg/dL en varones y 2.066 µg/dL en mujeres, con una diferencia de 0.666 µg/dL.

-Los pobladores adultos del asentamiento humano "Virgen de Guadalupe" que residen en la primera etapa presentaron una concentración promedio de plomo en sangre de 2.466 µg/dL, mientras los residentes en la segunda etapa presentaron 2.021 µg/dL.

-La concentración promedio de plomo en sangre de los pobladores adultos del asentamiento humano "Virgen de Guadalupe" fue 2.288 µg/dL y de los adultos no residentes en el asentamiento humano fue < 0.100 µg/dL.

RECOMENDACIONES

-Se recomienda realizar un trabajo de investigación en la zona de estudio con un mayor tamaño muestral, abarcando tanto la población infantil como adulta, con la finalidad de obtener una mejor representatividad de la población.

-Se recomienda realizar un trabajo de investigación que contemple otro tipo de factores presentes en la zona de estudio, tales como, hábitos alimenticios, estado de salud, tiempo de residencia, tipo de vivienda, etc.

-Realizar dosajes periódicos de plomo (mensual³⁸, trimestral y semestral³), con la finalidad de evaluar si los valores persisten o varían, y obtener una mejor representatividad de la concentración sanguínea de plomo.

-Las autoridades nacionales con competencia en materia ambiental y salud, deben llevar a cabo medidas de supervisión, fiscalización, monitoreo y seguimiento, para garantizar que el medio ambiente y la salud de la población no sean afectadas por el desarrollo de actividades industriales.

-Brindar charlas informativas a la población sobre los daños a la salud que genera la exposición al plomo, y acompañarlas con programas de educación sanitaria y alimentaria, para reducir así los peligros a la salud ocasionado por este metal toxico.

VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hermoza J, Lomparte C. Determinación toxicológica de plomo en leche de madres lactantes del Centro de Salud San Juan Bosco de la provincia constitucional del Callao [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2006.
2. Oriundo C, Robles J. Determinación de plomo en suelos debido a la contaminación por fábricas aledañas al Asentamiento Humano Cultura y Progreso del distrito de Ñaña- Chaclacayo [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2009.
3. Azcona M, Ramírez R, Vicente G. Efectos tóxicos del plomo. Rev Esp Méd Quir. 2015; 20 (1):72-77.
4. Reyes Y, Vergara I, Torres O, Díaz M, González E. Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo. 2016; 16 (2): 66-77.
5. Poma P. Intoxicación por plomo en humanos. An Fac med. 2008; 69 (2):120-126.
6. Molina N, Aguilar P, Cordovez C. Plomo, Cromo III y Cromo VI y sus efectos sobre la salud humana. Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular. 2010; 8 (1):77-88.
7. Labanda P, Fernández C. Saturnismo, a propósito de un caso. Med Segur Trab. 2012; 58 (227): 168-173.
8. Organización Mundial de la Salud (OMS). Centro de Prensa: Nota descriptiva. Intoxicación por plomo y salud. 2017.

9. Rodríguez A, Cuéllar L, Maldonado G, Suardiaz M. Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre. *Rev Cubana Invest Bioméd.* 2016; 35 (3): 251- 271.
10. Fontana D, Lascano V, Solá N, Martínez S, Virgolini M, Mazzieri M. Intoxicación por plomo y su tratamiento farmacológico. *Revista de Salud Pública.* 2013; 17 (1): 49-59.
11. Rubio C, Gutiérrez A, Martín-Izquierdo R, Revert C, Lozano G, Hardisson A. El plomo como contaminante alimentario. *Rev Toxicol.* 2004; 21 (1): 72-80.
12. Ascione A. Intoxicación por plomo en pediatría. *Arch Pediatr Urug.* 2001; 72 (2): 133-138.
13. Del Galso F. Contaminación por plomo en niños de las villas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Buenos Aires: Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires; 2014.
14. Geney C, Barbosa M, Díaz A, Pérez D, Osorio S, González Y. Menores de 17 años con concentraciones de plomo por exposición ambiental en Bogotá. *Univ Med.* 2016; 57 (2): 182-192.
15. Cortés T. Determinación de niveles sanguíneos de Plomo en una muestra de niños mediante espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito [Tesis]. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina; 2016.
16. Moreno K. Determinación de los niveles de plomo en sangre en trabajadores de una fábrica de pinturas en la ciudad de Quito, por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito [Tesis]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Facultad de Medicina; 2016.

17. Vázquez E. Intoxicación plúmbica crónica y su relación con problemas de anemia en trabajadores de Siderperu [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2015.
18. Astete J, Gastañaga M, Pérez D. Niveles de metales pesados en el ambiente y su exposición en la población luego de cinco años de exploración minera en Las Bambas, Perú 2010. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2014; 31(4):695-701.
19. Antay J, Saire A. Cuantificación de plomo en sangre y protoporfirina zinc eritrocitaria en trabajadores de empresas de servicio de fotocopiado que funcionan en el campus universitario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2014.
20. Castro C, Sobrado F. Detección y cuantificación de plomo en muestras de sangre venosa de escolares de 12 a 17 años de la urbanización La Primavera del distrito del Agustino mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2010.
21. Astete J, Cáceres W, Gastañaga M, Lucero M, Sabastizagal I, Oblitas T, et al. Intoxicación por plomo y otros problemas de salud en niños de poblaciones aledañas a relaves mineros. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2009; 26(1): 15-19.

22. Cornejo C, Zuzunaga L. Determinación de plomo en sangre de varones y mujeres adultos del Asentamiento Humano "Cultura y Progreso" del distrito de Chaclacayo [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2007.
23. Cedano K, Requena L. Estudio toxicológico de los niveles de concentración de cadmio, manganeso y plomo, en sangre y/u orina en personas expuestas en las Avs. Abancay y Alfonso Ugarte de la ciudad de Lima [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2007.
24. Municipalidad Distrital de Mi Perú. Historia de Mi Peru: Asentamiento Humano, Centro Poblado y Distrito. Mi Perú, 2016. [Consultado 14 abril 2018]. Disponible en: <http://www.munimiperu.gob.pe>
25. Municipalidad Distrital de Mi Perú. Plan Estratégico de Desarrollo Concertado del Distrito de Mi Perú 2014-2024. Mi Perú, 2014. [Consultado 14 abril 2018]. Disponible en: https://issuu.com/waltervegazomuro/docs/pdc_mi_peru_2014_-_2024
26. Municipalidad Distrital de Mi Perú. Plan Local de Seguridad Ciudadana y Convivencia Social. Mi Perú, 2017. [Consultado 14 abril 2018]. Disponible en: https://www.seguridadidl.org.pe/sites/default/files/archivos/planes_locales/PLSC-2016-MI-PERU.pdf

27. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental-OEFA. Nota Institucional: OEFA ordena no generar emisiones atmosféricas a dos empresas dedicadas a la fundición de plomo en Ventanilla. [Consultado 18 abril 2018]. Disponible en: <https://www.oefa.gob.pe/noticias-institucionales/oefa-ordena-no-generar-emisiones-atmosfericas-a-dos-empresas-dedicadas-a-la-fundicion-de-plomo-en-ventanilla>
28. Ministerio del Ambiente. Declaran en emergencia ambiental área geográfica ubicada en la Provincia Constitucional del Callao. Resolución Ministerial N° 307-2017-MINAM. Lima, 2017.
29. Cámara Minera de México, International Lead Management Center, Industrias Peñoles S.A. de C.V., Centro de Calidad Ambiental del Tecnológico de Monterrey. Manual para el Manejo Ambientalmente Responsable del Plomo. México; 2006.
30. González D, Rojas W. Relación entre la exposición crónica ocupacional al plomo y los efectos neurocomportamentales [Tesis]. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Enfermería-Facultad de Medicina; 2008.
31. Ferrer A. Intoxicación por metales. Anales Sis San Navarra. 2003; 26 (1): 141-153.
32. Ramos C. La exposición a plomo y su incidencia en la salud de los trabajadores del proceso de pintura de vehículas en la compañía Autossharecorp S.A. [Tesis]. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial; 2016.

33. Torres M. Tratamiento de la toxicidad de los derivados del plomo: ácido 2-sulfanilpropenoicos y vitamina B como antídotos [Tesis]. Universidad de Santiago de Compostela. Facultad de Química; 2010.
34. Díaz A. Alteraciones Neurológicas por Exposición a Plomo en Trabajadores de Procesos de Fundición, Soacha, 2009 [Tesis]. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina; 2011.
35. Valdivia M. Intoxicación por plomo. Rev Soc Per Med Int. 2005; 18 (1): 22-27.
36. Ramírez A. El cuadro clínico de la intoxicación ocupacional por plomo. An Fac Med Lima. 2005; 66 (1): 57-70.
37. Pájaro N, Maldonado W, Pérez N, Díaz J. Revisión de las implicaciones ocupacionales por exposición al plomo. Informador Técnico Colombia. 2013; 77 (2): 183-191.
38. Ministerio de Salud. Guía Técnica: Guía de práctica clínica para el manejo de pacientes con intoxicación por plomo. Resolución Ministerial N° 511-2007-MINSA. Lima; 2007.
39. Burger M, Pose D. Plomo Salud y Ambiente: Experiencia en Uruguay. Montevideo: Universidad de la República, Organización Panamericana de la Salud; 2010.
40. López R, Martín G, Fernández M, González J. Anemia secundaria a intoxicación por plomo: Nuestra experiencia a propósito de 12 casos. Revista Clínica Española. 2001; 201(7): 390-393.

41. Paúcar R. Determinación de niveles de plomo en sangre en población económicamente activa en la ciudad de Lima [Tesis]. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería; 2015.
42. Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ciencias Químicas. Espectroscopia de Absorción Atómica.
43. Buscio V, Álvarez M, Gutiérrez-Bouzán M. Determinación de metales pesados en tejidos mediante espectroscopía de absorción atómica. Boletín Intexter (UPC). 2009; 135 (1): 17-24.
44. Guía breve de métodos analíticos para determinar el contenido de plomo de la pintura. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2013.
45. Chávez M, Ortiz G, Niño C, Gastañaga M. Niveles de plomo en sangre en la población de una ciudad con altos niveles de plomo en el ambiente y comparación con otras ciudades del Perú. Bol Inst Nac Salud. 2011; 17(1): 119-123.
46. Avellaneda K, Caro J. Determinación de la concentración y cinética del plomo en un cultivo de fresa cercano al embalse del muña en el Municipio de Sibate, Cundamarca [Tesis]. Universidad Santo Tomas. Facultad de Ingeniería Ambiental; 2015.
47. Vergara A. Evaluación del efecto genotóxico y la susceptibilidad individual por exposición a plomo ambiental en la vereda La Bonga, Atlántico, Colombia [Tesis]. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina; 2014.

48. López C, Piñeiro A, Pongelli V, Villaamil E, Roses O. Valores referenciales de plumbemia en el área de Buenos Aires: Población adulta sana no expuesta laboralmente. *Acta Bioquím Clín Latinoam*. 2005; 39(4):453-458.
49. Tostado E. Neurotoxicidad de los metales pesados: Plomo, Mercurio y Aluminio [Tesis]. Universidad de Valladolid. Facultad de Medicina; 2014.
50. Diagnóstico Nacional de Salud Ambiental. Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012.

ANEXO

Anexo 1. Relación de pobladores del Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe", distrito Mi Perú, de la Provincia Constitucional del Callao.

Código	Sexo	Edad	Dirección
G-1	F	36 años	Manzana I Lote 3-Primera etapa
G-2	M	34 años	Manzana I Lote 11-Primera etapa
G-3	F	50 años	Manzana I Lote 11-Primera etapa
G-4	F	61 años	Manzana I Lote 15-Primera etapa
G-5	M	38 años	Manzana I Lote 15-Primera etapa
G-6	M	34 años	Manzana J Lote 16-Primera etapa
G-7	F	29 años	Manzana J Lote 16-Primera etapa
G-8	F	56 años	Manzana J Lote 16-Primera etapa
G-9	F	33 años	Manzana K Lote 14-Primera etapa
G-10	F	26 años	Manzana K Lote 16-Primera etapa
G-11	F	50 años	Manzana M Lote 7-Primera etapa
G-12	M	81 años	Manzana M Lote 7-Primera etapa
G-13	F	23 años	Manzana M Lote 8-Primera etapa
G-14	F	30 años	Manzana X Lote 23-Segunda etapa
G-15	M	44 años	Manzana X Lote 28-Segunda etapa
G-16	M	19 años	Manzana Y1 Lote 4-Segunda etapa
G-17	F	31 años	Manzana Y1 Lote 3-Segunda etapa
G-18	F	38 años	Manzana Y1 Lote 4-Segunda etapa

Código	Sexo	Edad	Dirección
G-19	F	22 años	Manzana Y Lote 7-Segunda etapa
G-20	M	27 años	Manzana Y Lote 8-Segunda etapa
G-21	F	28 años	Manzana X Lote 28-Segunda etapa
G-22	F	29 años	Manzana Y Lote 10-Segunda etapa
G-23	F	40 años	Manzana Y Lote 16-Segunda etapa
G-24	M	41 años	Manzana Y Lote 16-Segunda etapa
G-25	F	53 años	Manzana X Lote 28-Segunda etapa
G-26	F	29 años	Manzana L Lote 12-Primera etapa
G-27	M	77 años	Manzana K Lote 12-Primera etapa
G-28	F	20 años	Manzana L Lote 14-Primera etapa
G-29	F	43 años	Manzana N Lote 9-Primera etapa
G-30	M	43 años	Manzana N Lote 9-Primera etapa

F: Femenino.

M. Masculino.

Anexo 2. Relación de adultos del Grupo Control: No Residentes en el Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe".

Código	Sexo	Edad	Dirección
C-1	F	26 años	Jr. Quillabamba 543 Nueva Esperanza –Villa María del Triunfo
C-2	M	25 años	Jr. Amazonas 270 Caja de Agua-San Juan de Lurigancho
C-3	F	24 años	AA.HH. Los Huertos de Tungasuca Mza A Lote 1-Comas
C-4	F	25 años	Av. Honorio Delgado 307-San Martín de Porres
C-5	M	26 años	Urb. Alameda del Norte Mza C2 Lote 9-Puente Piedra
C-6	F	28 años	Jr. Adolfo Martínez 970 Zona D-San Juan de Miraflores
C-7	F	42 años	Psje. Manuel Villar 160-La Victoria
C-8	F	22 años	Jr. Juvenal Denegri 328 Santa Catalina-La Victoria
C-9	F	22 años	Jr. Luna Pizarro 219 Dpto. 219-Barranco
C-10	F	43 años	Residencial Campoy Dpto.520 Bloque L-San Juan de Lurigancho

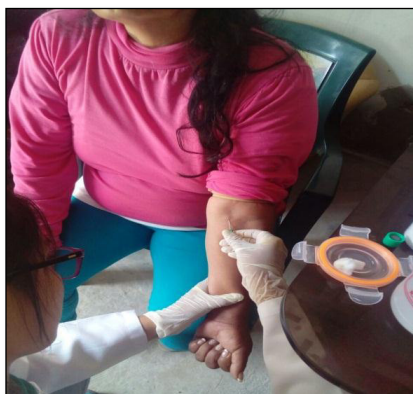
F: Femenino.

M. Masculino.

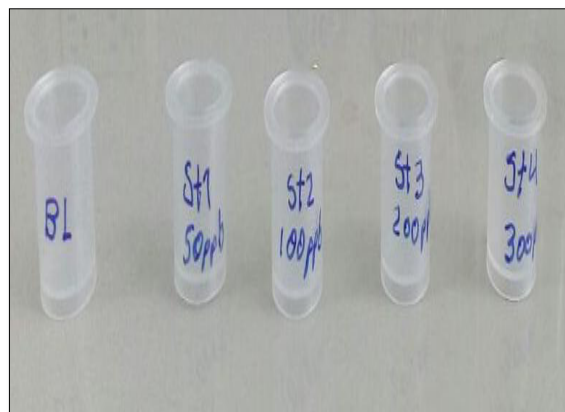
Anexo 3. Lugar de toma de muestra: Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe", distrito Mi Perú, de la Provincia Constitucional del Callao.



Anexo 4. Toma de muestra a pobladores del Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe", distrito Mi Perú, de la Provincia Constitucional del Callao.



Anexo 5. Soluciones estándares de plomo, rotulado de las cubetas portamuestras.



Anexo 6. Condiciones de operación del espectrofotómetro de absorción atómica.

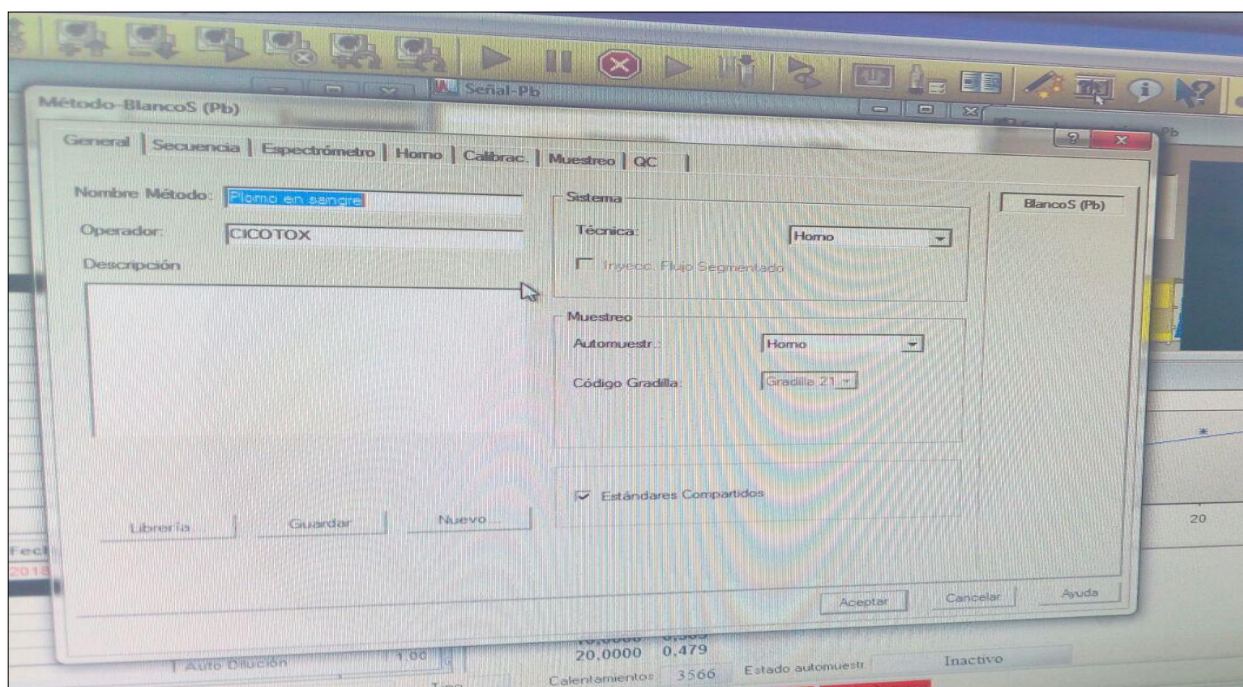


Foto. Cargando el método de análisis

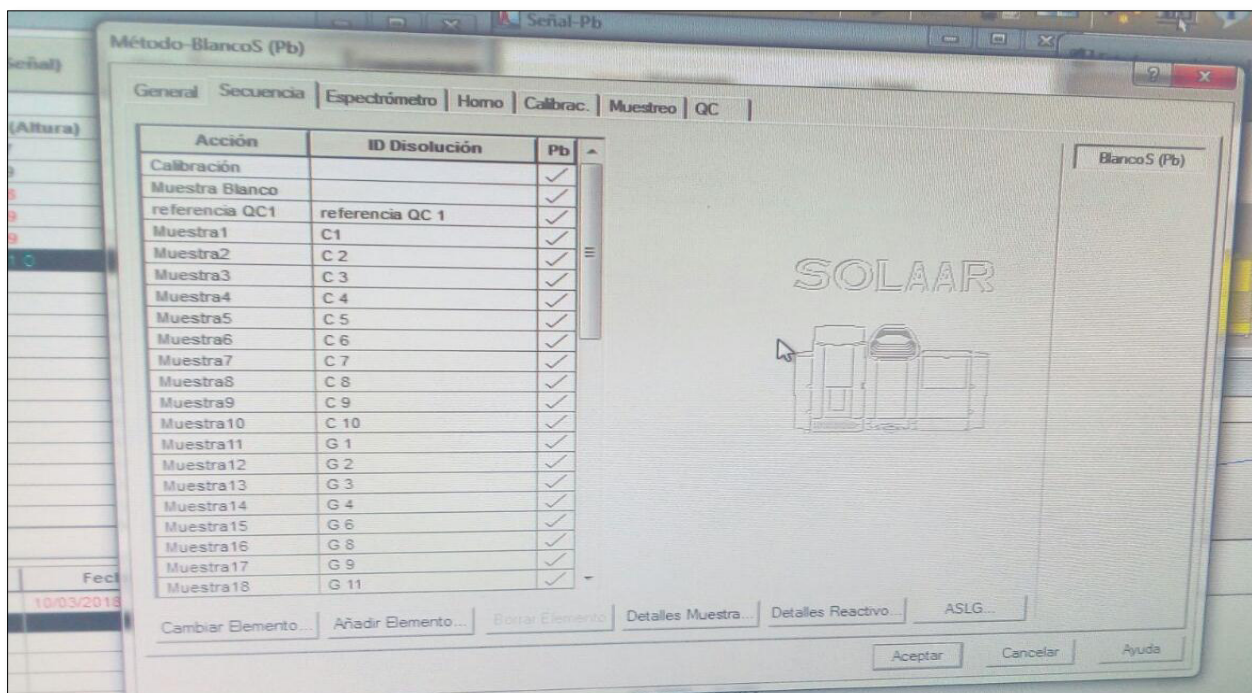


Foto. Ingreso de datos

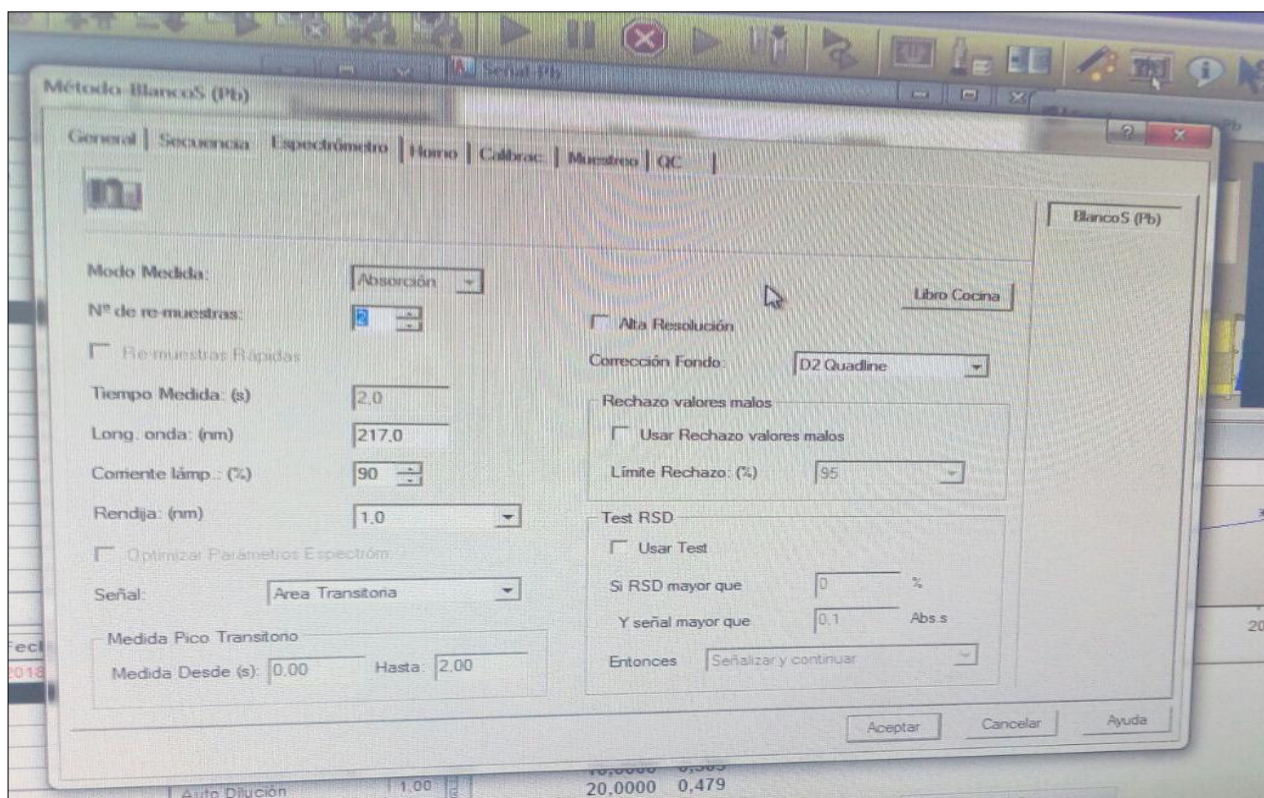


Foto. Condiciones del espectrofotómetro

Método-BlancoS (Pb)

General | Secuencia | Espectrómetro | Horno | Calibrac. | Muestreo | QC

Método: Normal: Ajuste Lineal Min Cuadrados

Unidades Concentrac.: µg/dL

Estándars: 4 Razones Defecto

Concentraciones Estándar

Conc. Estándar Maestra: 10000

1	5,000	6	0,000
2	10,000	7	0,000
3	20,000	8	0,000
4	30,000	9	0,000
5	25,000	10	0,000

Factor Escala: 1

Unidades Escala: µg/dL

Usar Calibrac. Almacenada

Comprobar calibrac.

Ajuste Aceptable: 0,995

Exceso Límites Curvatura

Desde: (%) - 10

Hasta: (%) + 40

Reescalar lím.: 10 %

Si alguna comprobac. de calibrac. falla: Señalizar y continuar

Aceptar Cancelar Ayuda

Foto. Condiciones de curva de calibración

Método-BlancoS (Pb)

General | Secuencia | Espectrómetro | Horno | Calibrac. | Muestreo | QC

Tubo: Normal

Tª Inyecc.: (°C) 50

Tiempo Programa: (s) 32,4

Programa Horno

	Tª (°C)	Tiempo (s)	Rampa	Tipo Gas	Flujo Gas	RD	RS	TC	HL
1	105	18,0	60	2 Inerte	0,3 L/min				
2	400	5,0	150	2 Inerte	0,3 L/min				
3	400	0,5	50	2 Inerte	Apagado				
4	1800	2,0	0	2 Inerte	Apagado	✓		✓	
5	2600	4,0	0	2 Inerte	0,3 L/min				✓
6	0	0,0	0	2 Inerte	Apagado				
7	0	0,0	0	2 Inerte	Apagado				
8	0	0,0	0	2 Inerte	Apagado				
9	0	0,0	0	2 Inerte	Apagado				

✓ Limpiar tubo si muestra mayor que: 1 Abs

Aceptar Cancelar Ayuda

Foto. Programa de temperaturas del Horno de Grafito

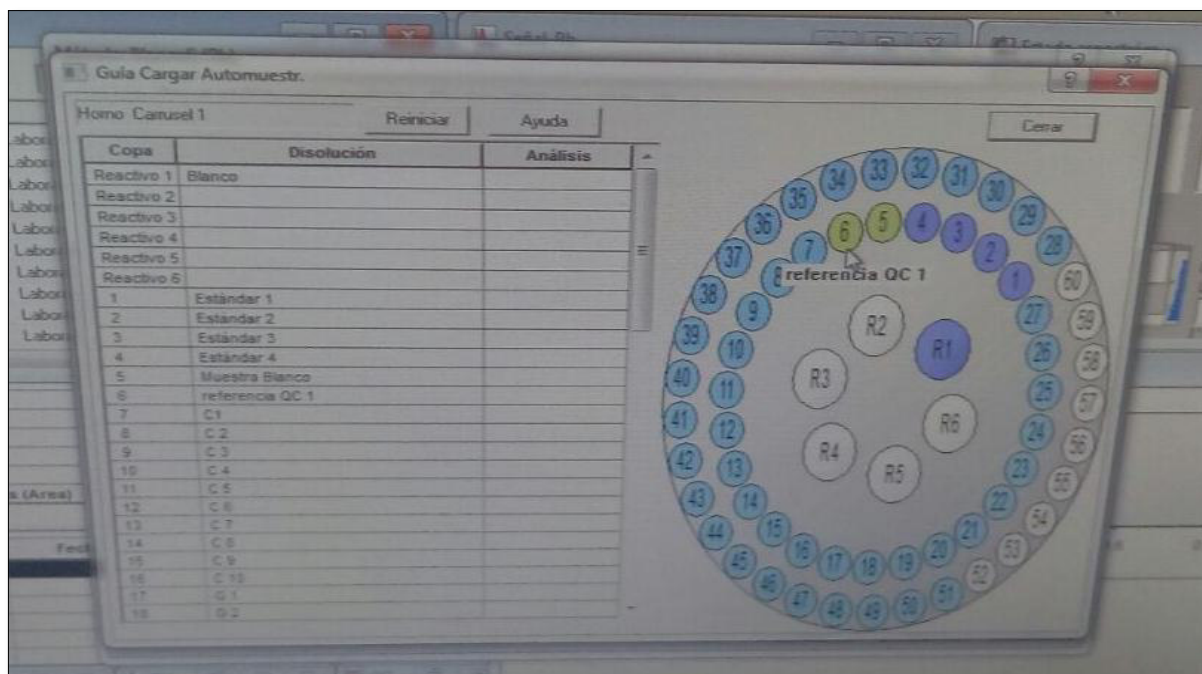


Foto. Condiciones del autosampler

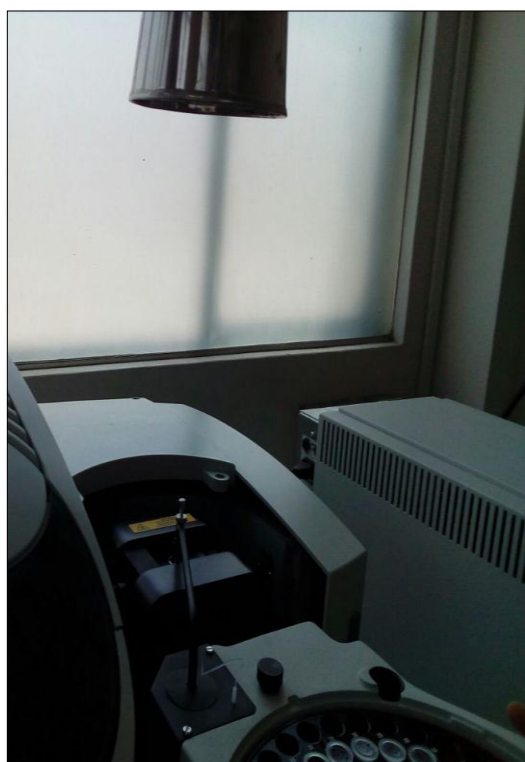


Foto. Inyección de la muestra

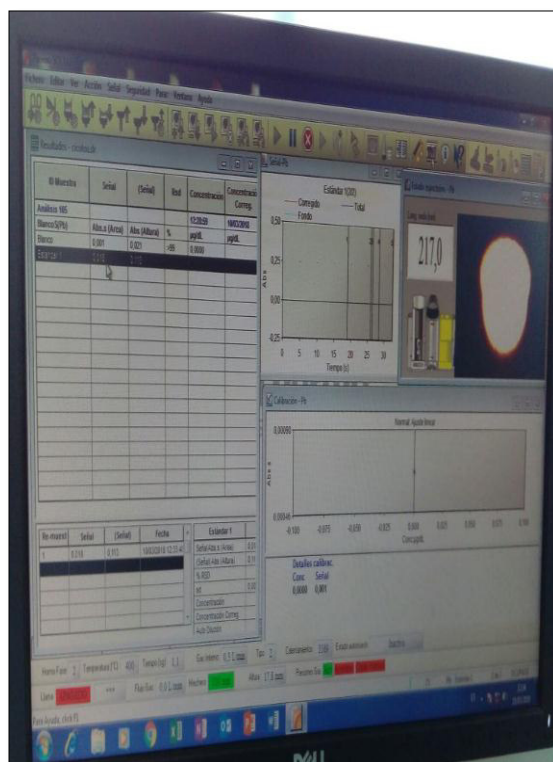


Foto. Lectura de muestra

Anexo 7. Consentimiento informado.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

La presente investigación es conducida por el Dr. Mesías Moisés García Ortiz, el objetivo del estudio es conocer los niveles de plomo sanguíneo en una muestra representativa de la población del Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe" del distrito de Mi Perú.

Por ello se llevará a cabo un dosaje sanguíneo del elemento tóxico plomo, además se realizará una encuesta de datos generales (nombres y apellidos, edad, género, tiempo de residencia).

La participación en el estudio no supone ningún riesgo para la salud, dicho estudio tiene fines exclusivamente científicos, asegurándose en todo momento la confidencialidad de los resultados obtenidos, protegiendo los datos de carácter personal.

Si posteriormente decidiera no continuar participando, hable con el encargado del presente estudio para revocar o desautorizar en cualquier momento el consentimiento que usted brindo anteriormente.

	SI	NO
-He podido hacer preguntas sobre el estudio, he recibido respuestas satisfactorias.		
-He tenido tiempo suficiente para decidir si deseaba participar.		
-Soy consciente que mi participación es voluntaria.		

Yo, Sr(a) _____ con N° DNI _____, presto libremente mi consentimiento para participar en dicho estudio.

Fecha: de de 2018.

Firma del participante

Anexo 8. Ficha de recolección de datos.

FICHA DE DATOS GENERALES	
1. Fecha y hora de Toma de muestra.	<hr/>
2. Código de identificación.	<hr/>
3. Nombres y Apellidos.	<hr/>
4. Sexo.	
	M () F ()
5. Edad.	<hr/>
6. Dirección.	<hr/>
7. ¿Cuánto tiempo lleva viviendo en su domicilio actual?	<hr/>

Anexo 9. Reporte de resultados de análisis.



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
 Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
 Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX



N°	84575	-	84594
----	-------	---	-------

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Sr. Alejandro Chavez Quispe

TESIS: Determinación de niveles de plomo en pobladores adultos del Asentamiento Humano Virgen de Guadalupe - Mi Perú

FECHA DE RECEPCIÓN:	12 DE MARZO DEL 2018	HORA:	8.00	a.m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	15 DE MARZO DEL 2018	HORA:	9.00	a.m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS:	17 DE MARZO DEL 2018	HORA:	4.00	p.m.

MÉTODO: Plomo en sangre por Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito

ICN Adultos masculinos < 40 µg/dL, personas expuestas ocupacionalmente (*)
 ICN Mujeres en edad fértil < 30 µg/dL, personas expuestas ocupacionalmente (**)

TIPO DE MUESTRA: Sangre con heparina

OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posterior al análisis

N° ANÁLISIS	CÓDIGO	RESULTADO
84575	G1	1.127 µg/dL
84576	G2	5.997 µg/dL
84577	G3	1.070 µg/dL
84578	G4	5.408 µg/dL
84579	G5	5.357 µg/dL
84580	G6	1.956 µg/dL
84581	G7	2.998 µg/dL
84582	G8	0.355 µg/dL
84583	G9	0.162 µg/dL
84584	G10	0.105 µg/dL

N° ANÁLISIS	CÓDIGO	RESULTADO
84585	G11	2.993 µg/dL
84586	G12	0.820 µg/dL
84587	G13	1.647 µg/dL
84588	G14	2.089 µg/dL
84589	G15	0.897 µg/dL
84590	G16	< 0.100 µg/dL
84591	G17	4.644 µg/dL
84592	G18	< 0.100 µg/dL
84593	G19	2.338 µg/dL
84594	G20	1.211 µg/dL

Lima, 17 de Marzo de 2018



Director de CICOTOX
 Dr. José A. Apóstegui Infantes
 Esp. Toxicología & Química Legal
 C.Q.F.P. N° 06538
 RNE 240
 D.N.I. N° 09359857





J. ANÍBAL A. FIGUEROA VARGAS
 CQFP: 18579



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Farmacia y Bioquímica

Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX



N°	84595	-	84615
----	-------	---	-------

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Sr. Alejandro Chavez Quispe
TESIS: Determinación de niveles de plomo en pobladores adultos del Asentamiento Humano Virgen de Guadalupe - Mi Perú
FECHA DE RECEPCIÓN: 12 DE MARZO DEL 2018 HORA: 8.00 a.m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 15 DE MARZO DEL 2018 HORA: 9.00 a.m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 17 DE MARZO DEL 2018 HORA: 4.00 p.m.

MÉTODO: Plomo en sangre por Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito
V.N Adultos masculinos < 40 µg/dL, personas expuestas ocupacionalmente (*)
V.N Mujeres en edad fértil < 30 µg/dL, personas expuestas ocupacionalmente (**)

TIPO DE MUESTRA: Sangre con heparina

OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posterior al análisis.

N° ANÁLISIS	CÓDIGO	RESULTADO
84595	G21	< 0.100 µg/dL
84596	G22	2.344 µg/dL
84597	G23	8.724 µg/dL
84598	G24	2.007 µg/dL
84599	G25	< 0.100 µg/dL
84600	G26	2.430 µg/dL
84601	G27	4.583 µg/dL
84602	G28	0.592 µg/dL
84603	G29	2.289 µg/dL
84604	G30	4.493 µg/dL
84605	G31	< 0.100 µg/dL

N° ANÁLISIS	CÓDIGO	RESULTADO
84606	C1	< 0.100 µg/dL
84607	C2	< 0.100 µg/dL
84608	C3	< 0.100 µg/dL
84609	C4	< 0.100 µg/dL
84610	C5	< 0.100 µg/dL
84611	C6	< 0.100 µg/dL
84612	C7	< 0.100 µg/dL
84613	C8	< 0.100 µg/dL
84614	C9	< 0.100 µg/dL
84615	C10	< 0.100 µg/dL

Lima, 17 de Marzo de 2018

Director de CICOTOX
Dr. José A. Apóstegui Infantes
Esp. Toxicología & Química Legal
C.Q.F.P N° 06538
RNE 240
D.N.I N° 09359857



Dr. AMÉRICO A. FIGUEROA VARGAS
CQFP: 18579